
Padrões de Utilização das Ex-SCUTs do Norte

João Paulo Carvalho Sampaio

Relatório de estágio
Mestrado em Economia

Orientado por
Professora Maria Eduarda da Rocha Pinto Augusto da Silva

2018

Resumo

Com o intuito de perceber o impacto da introdução de portagens nas ex-SCUTs do Norte (A28, A29, A41, A4 e A442) sobre as famílias residentes no Grande Porto, a DECO pretendeu desenvolver um estudo com a colaboração da Faculdade de Economia da Universidade do Porto. Neste sentido, foi construído um inquérito a ser aplicado diretamente a residentes do Grande Porto, com o intuito de averiguar a importância destas vias para a sua mobilidade.

A análise das respostas mostra que a principal alteração nos padrões de frequência das ex-SCUTs por parte dos respondentes foi a redução do número de troços portajados atravessados por estes. O principal motivo subjacente a estas deslocações foram atividades relacionadas com o consumo e lazer. Contudo, o trabalho foi a segunda razão que justifica a utilização das ex-SCUTs, e foi selecionada por perto de 50% dos respondentes que afirmaram utilizar as ex-SCUTs no momento em que responderam ao inquérito. Isto implica que estas pessoas suportam um custo associado ao emprego decorrente de portagens que devem pagar diariamente em certos casos. Esta realidade merece mais estudo. Os resultados do Inquérito à Mobilidade do INE (IMob 2017) deverão fornecer informação relevante para a caracterização destes movimentos pendulares.

O impacto sobre os orçamentos dos indivíduos da amostra é estimado através das suas respostas.

É aplicada uma Análise de Correspondências Múltiplas de forma a caracterizar os utilizadores atuais das ex-SCUTs. Os resultados parecem suportar a distinção entre diferentes perfis de utilizador, consoante o número de troços, frequência e motivos das deslocações. Estes resultados são posteriormente submetidos a uma Análise de *Clusters* de forma a confirmar e aprofundar a interpretação dos mesmos.

Palavras-chave: SCUT, inquérito, mobilidade, Análise de Correspondências Múltiplas, Análise de *Clusters*

Abstract

Aiming to understanding how the tolls now levied on the northern “SCUT” highways (A28, A29, A41, A4 and A442) impact the families living in Grande Porto, DECO (a portuguese association for the defence of consumers) decided to collaborate with the Faculty of Economics of the University of Porto. Thus, a survey was designed and distributed directly to residents of Grande Porto. Its objective was to help us asses how important these highways are to these people’s mobility.

The responses show that people reacted mainly by reducing the number of paid sections they traverse. The main motive behind these trips is leisure or consumption. However, work was the second largest reason, and was selected by almost 50% of those who claimed to use “SCUT” highways when they took the survey. This means that these respondents tolerate a (possibly daily) work-related expenditure. This should be studied further. The upcoming results of the “Inquérito à Mobilidade” by the portuguese National Statistical Institute may provide relevant information on these commuting movements.

The impact on the respondents’ budgets is estimated through their answers.

A Multiple Correspondence Analysis is used to characterize the highways’ current users. The results seem to support their division according to the number of sections traversed, the frequency and the motives behind the journeys. A cluster analysis is then applied to these results in order to confirm and expand their interpretation.

Keywords: SCUT, survey, mobility, Multiple Correspondence Analysis, Clusters Analysis

Índice

Resumo.....	i
Abstract.....	ii
1. Introdução/Contextualização.....	1
2. Estágio	4
2.1. Descrição do estágio e objetivos	4
2.2. Inquérito e revisão de literatura.....	4
2.3. Principais resultados do inquérito	8
3. Metodologia	14
3.1. Análise de Correspondências Múltiplas	14
3.2. <i>Hierarchical Clustering</i>	16
4. Resultados.....	18
4.1. Definição das variáveis	18
4.2. Implementação em R.....	21
4.3. O Primeiro Plano	21
4.4. Variáveis Suplementares	27
4.5. Tabela de Burt.....	30
4.6. <i>Hierarchical Clustering</i>	31
5. Conclusões	35
Apêndices.....	38
Apêndice 1 – Algoritmo da Análise de Correspondências	38
Apêndice 2 – Método de Ward.....	39
Referências Bibliográficas.....	40
Anexos.....	43
Anexo 1 – Inquérito Utilização Ex-SCUTs	43
Anexo 2 – Localização dos pórticos das ex-SCUTs do Norte.....	47
Anexo 3 – Gráfico das variáveis suplementares qualitativas completo.....	50
Anexo 4 – <i>Output</i> da análise a quatro <i>clusters</i>	51

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Motivos selecionados por grupo de frequência.....	10
Tabela 2 - Pesos das portagens nos orçamentos	12
Tabela 3 - Pesos das portagens nos orçamentos ponderados pelas respostas ao inquérito..	13
Tabela 4 - Variáveis e categorias ativas.....	19
Tabela 5 - Variáveis e categorias suplementares qualitativas.....	20
Tabela 6 - Variáveis e categorias suplementares quantitativas	20
Tabela 7 - Percentagens de inércia.....	21
Tabela 8 - Comparação entre indivíduos ilustrativos.....	22
Tabela 9 - Correlação entre variáveis e dimensões.....	23

Índice de Figuras

Figura 1 - Troços selecionados antes e depois das portagens.....	9
Figura 2 - Frequência da utilização das ex-SCUTs.....	9
Figura 3 - Motivos da utilização das ex-SCUTs	10
Figura 4 - Gráfico dos indivíduos	22
Figura 5 - Gráfico das variáveis	23
Figura 6 - Gráfico das categorias ativas.....	24
Figura 7 - Confronto das categorias das variáveis “trabalho” e “lazer”	25
Figura 8 - Confronto das categorias das variáveis “int_troços” e “freq”	26
Figura 9 - Confronto das categorias da variável “outro_motivo_bin”	26
Figura 10 - Círculo de correlação das variáveis suplementares quantitativas.....	27
Figura 11 - Gráfico das variáveis suplementares qualitativas (secção I)	28
Figura 12 - Gráfico das variáveis suplementares qualitativas (secções II e III)	29
Figura 13 - Gráfico das variáveis suplementares qualitativas (secção IV)	29
Figura 14 - Gráfico das categorias ativas (Burt)	30
Figura 15 - Dendrograma antes do corte.....	31
Figura 16 - Gráfico dos indivíduos (2 <i>clusters</i>).....	32
Figura 17 - Gráfico dos indivíduos (4 <i>clusters</i>).....	33

1. Introdução/Contextualização

O conceito de vias Sem Custos para o Utilizador (SCUT) surgiu, em Portugal, no ano de 1997. Este modelo foi aplicado em cerca de 27% da rede de autoestradas com o objetivo de acelerar a conclusão do Plano Rodoviário Nacional 2000, reduzir assimetrias e aumentar a participação do setor privado, que não estava disposto a aceitar os contornos dos contratos de Parcerias Público-Privadas (PPPs) tradicionais para projetos em certas regiões do país (Santos e Santos, 2012). Foi estabelecido um mecanismo de portagens virtuais cujo pagamento era efetuado diretamente pelo Estado, o que reduzia significativamente o risco percebido pelo parceiro privado, tornando os acordos mais atrativos (Santos e Santos, 2012). Vaz (2012) capta bem a racionalidade que terá levado ao surgimento deste conceito: “utilizar *know how*, metodologias, técnicas características do setor privado e assim aumentar a qualidade do serviço prestado, reduzir os desequilíbrios regionais, acelerar a execução do plano nacional rodoviário, minimizar o esforço financeiro do Estado, aumentar a oferta de infraestruturas em zonas de menor cobertura, partilhar os riscos e os benefícios relativos ao investimento com o setor privado e permitir a construção de autoestradas onde o número de nós desaconselharia a utilização de portagens” (Vaz, 2012, p. 41).

McGrowder et al. (2009) explica que as autoestradas fazem subir o preço dos terrenos agrícolas e promovem a instalação de atividades secundárias e terciárias em detrimento da agricultura. Isto resulta numa aceleração da urbanização e do comércio, com benefícios substanciais para os residentes locais (McGrowder et al., 2009). Os mesmos autores distinguem os efeitos deste tipo de projetos. Primeiramente, cria-se uma maior capacidade de acomodar tráfego, assim como um custo reduzido de utilizar a infraestrutura. Isto promove a mobilidade da população em geral, resultando num maior nível de viagens com menor custo unitário (McGrowder et al., 2009). Com o passar do tempo, as externalidades relacionadas com a mudança dos padrões de localização das indústrias, habitações e serviços levam a alterações nos preços, rendimento e emprego (McGrowder et al., 2009).

Em Portugal, este esquema permitiu uma rápida conclusão das vias com custos iniciais bastante baixos. Segundo Andraz e Pereira (2009), o investimento total nas SCUTs totalizou, em preços de 1999, 2.4 mil milhões de euros até 2007, o que representa 2.6% do PIB de 1999. As SCUTs do Norte representavam cerca de 40% deste investimento.

Estes autores estudaram o impacto das SCUTs, e estimam que estes investimentos terão provocado um aumento acumulado no investimento privado na ordem dos 23 mil

milhões de euros, quase 67 mil empregos e um incremento acumulado na produção de 40 mil milhões de euros (Andraz e Pereira, 2009). Apesar de todas as regiões terem beneficiado com o investimento, o Norte é das regiões que menos usufruiu, em particular no que toca ao emprego e à produção, ao contrário do que se passa em Lisboa, que é a região que recolhe mais recompensas, apesar de não existir investimento local em SCUTs (Andraz e Pereira, 2009).

No caso particular das SCUTs, foram negociadas compensações para as entidades privadas mediante certas ocorrências, o que gerou uma grande exposição do governo. Alguns destes acontecimentos vieram a concretizar-se e, passada uma década, existiam já 1.5 mil milhões de euros em encargos adicionais (Santos e Santos, 2012). Para além disto, registaram-se desvios significativos nos custos de construção, o que também prejudicou os contribuintes, uma vez que este risco era partilhado com o parceiro público (Santos e Santos, 2012). Além do mais, o risco de a procura ser baixa afetou particularmente o Estado, uma vez que este se tinha comprometido a pagar mais por veículo/km para níveis reduzidos de tráfego, o que acabou por se verificar (Costa, 2012; Vaz, 2012). As SCUTs tornaram-se, portanto, insustentáveis, o que levou a renegociações e à introdução de portagens (Santos e Santos, 2012), o que contrariou os objetivos iniciais destas infraestruturas, cujo desenho não previa esta eventualidade (Vaz, 2012).

O objetivo das alterações aos contratos foi a redução dos encargos para o Estado, possivelmente numa tentativa de antecipar alterações nas normas comunitárias, que tornaram obrigatória a inscrição destas despesas no Orçamento de Estado a partir de 2012 (Correia, 2014). Acontece que as previsões do tráfego esperado foram altamente otimistas. Considerou-se que o número de viagens iria continuar a crescer apesar da conjuntura económica desfavorável e das taxas a aplicar. Naturalmente, a receita arrecadada nos anos seguintes foi inferior ao esperado (Costa, 2012).

Efetivamente, registaram-se elevadas quebras no tráfego, o que pode ser explicado por uma multiplicidade de fatores. O estudo de Hensher et al. (2016) poderá ser útil na explicação da imprecisão das estimativas avançadas pelo governo. Estes autores argumentam que os estudos normalmente levados a cabo no sentido de prever a procura após a introdução de portagens não consideram as restrições orçamentais que condicionam os indivíduos. Uma vez que o seu rendimento disponível é, em cada momento, limitado, os agentes tomam decisões quanto à sua distribuição pelas várias categorias de bens e serviços. Mesmo que os benefícios resultantes da utilização de uma via portajada sejam superiores ao seu custo, a

despesa acumulada ao longo do mês pode desencorajar a sua procura, uma vez que muitos indivíduos estão dispostos a despende apenas um montante reduzido em portagens e outras despesas relacionadas com transportes. Dito simplesmente, o facto de as vias serem valiosas para as pessoas não garante a sua utilização contínua.

Por outro lado, a rapidez da reação pode apontar para outras ressalvas. Muitos autores explicam que os indivíduos terão mais dificuldade em aceitar pagar portagens quando estão habituados a utilizar as infraestruturas de forma gratuita (Odeck e Bråthen, 2008; Mokonyama, 2012; Hensher et al., 2016). As atitudes das pessoas em relação às portagens podem ser bastante negativas, e dependem, por exemplo, da quantidade e qualidade de informação que recebem sobre os projetos, da motivação inerente às deslocações, da sua frequência e das distâncias percorridas (Odeck e Bråthen, 2008).

O anúncio das portagens inspirou, de facto, algum sentimento de revolta junto de várias organizações e da população em geral, especialmente no Norte, onde o contexto económico era particularmente desfavorável. Isto pode ter acontecido porque as portagens foram recebidas como um novo imposto. Como explica Mokonyama (2012), tal será o caso sempre que as pessoas sentirem que os meios alternativos não são verdadeiros substitutos e, novamente, quando as vias costumavam ser gratuitas. Uma vez que as receitas são canalizadas para ajudar a cobrir os encargos do Estado com as concessões, os efeitos potencialmente positivos do uso destas previstos por Plotnick et al. (2009) e Parry e Bento (2001) nunca poderão ser observados.

Este capítulo contextualizou a problemática das ex-SCUTs, descrevendo os eventos que levaram à decisão de introduzir portagens sobre os seus utilizadores. No capítulo II é descrito o trabalho desenvolvido junto da entidade acolhedora. O capítulo III descreve sumariamente a metodologia a aplicar e o capítulo IV expõe os resultados obtidos através dos métodos escolhidos. Finalmente, no capítulo V são apresentadas algumas ilações em relação ao trabalho desenvolvido e à utilidade dos resultados.

2. Estágio

2.1. Descrição do estágio e objetivos

Este estágio teve lugar na delegação regional do Norte da DECO – Associação Portuguesa para a Defesa do Consumidor. Este organismo é célebre na nossa sociedade pelo papel de destaque que tem ocupado na defesa dos direitos dos consumidores portugueses. A organização é multifacetada na sua atividade. É mais conhecida pelo apoio direto ao consumidor, através dos seus gabinetes de apoio ao sobre-endividado, recebendo queixas e mediando conflitos entre indivíduos e empresas. O *lobbying* é também uma vertente importante do seu exercício. Por último, a DECO procura informar e educar os consumidores através de várias campanhas, *workshops* e debates.

O estudante integrou uma equipa constituída principalmente por juristas que pretendiam avaliar o esquema de cobrança de portagens nas ex-SCUTs, que levantava algumas questões do ponto de vista legal. Adicionalmente, a DECO pretendia aproveitar o contributo da economia no sentido de perceber o impacto desta medida sobre os consumidores. Com a minha intervenção, a DECO pretendeu obter um melhor entendimento acerca dos prejuízos imputados, aumentando a sua capacidade de instruir e precaver os consumidores e contribuindo para prevenir situações de injustiça social, dificuldades financeiras e sobre-endividamento.

2.2. Inquérito e revisão de literatura

Rapidamente detetamos que a informação disponível não era adequada mediante os objetivos propostos. Para além disto, verificamos ainda uma escassez de estudos comparáveis ao caso em questão. As análises encontradas são normalmente conduzidas a um nível agregado, sem que se possa tirar conclusões no que toca especificamente às famílias. Como mostra o estudo de Mokonyama (2012), os estudos macroeconómicos podem esconder desigualdades na distribuição dos sacrifícios entre os grupos de uma sociedade.

Decidimos estudar a população do Grande Porto, ou seja, os indivíduos que residem nos concelhos do Grande Porto, conforme definido pelo Decreto-lei n.º 68/2008 de 14 de abril (os residentes em Vila Nova de Gaia, Porto, Matosinhos, Maia, Gondomar, Vila do Conde, Valongo, Espinho, Póvoa de Varzim, Trofa ou Santo Tirso), visto que estes eram os mais facilmente acessíveis à nossa equipa.

A opção pelo questionário prendeu-se, portanto, com a insuficiência dos dados

existentes. Uma vez que se pretendia aplicá-lo junto do público em geral, optou-se por utilizar principalmente perguntas de escolha múltipla, de forma a tornar a resposta mais fácil, assim como a introdução dos dados para análise. O principal problema apontado a este tipo de questões (que está sempre presente em qualquer inquérito, mas particularmente no caso em questão) relaciona-se com a ambiguidade da linguagem utilizada (Cohen et al., 2013). Por muito simples que seja, esta condicionante nunca é completamente eliminada.

A amostragem foi feita, então, por conveniência¹, uma vez que não tínhamos bases que nos permitissem aplicar outra técnica. Decidimos ainda permitir que as pessoas respondam por escrito quando selecionam as opções residuais (“Outro”), com o objetivo de captar determinados fenómenos ou grupos que possam ser importantes e que de outra forma seriam ignorados, uma vez que a lista de opções de escolha múltipla nunca poderia ser exaustiva.

O inquérito² foi aplicado à população em geral, principalmente a partir da Delegação Regional do Norte da DECO. A primeira questão do inquérito cobre o concelho de residência do respondente, de forma a garantirmos que o mesmo é residente no Grande Porto.

O primeiro grupo de questões (secção I) serve para caracterizar a amostra e eventualmente desvendar ligações entre as características dos indivíduos e os seus padrões de frequência das ex-SCUTs. Aqui, uma variável fundamental será a utilização de automóvel particular. Plotnick et al. (2009) utilizam a variável “car ownership” como *proxy* para a população que utiliza as estradas. Segundo os autores, aqueles que não utilizam viatura própria para se deslocar não pagarão portagens e, como tal, não serão afetados diretamente. O mesmo acontecerá para aqueles que conseguirem alterar os seus hábitos e passar a utilizar outras alternativas. Isto poderá passar por usar outras vias, reduzir o número de viagens, usar transportes públicos ou outros meios de transporte, organizar boleias/*carpooling* ou até trocar de postos de trabalho ou local de residência (todas estas possibilidades estão previstas na questão 5 da secção III). No entanto, isto assume que os custos com as portagens não serão

1 A amostragem por conveniência é um método de amostragem não-probabilístico, onde a amostra é constituída pelos indivíduos aos quais temos mais fácil acesso. Isto significa que não é possível calcular a probabilidade de um certo indivíduo ser selecionado para pertencer à amostra ou o erro da amostra, que mede o grau de semelhança entre a amostra e a população real. Desta forma, como não sabemos quão representativa é a amostra obtida, não conseguimos inferir conclusões para a população total com segurança.

Significa ainda que todos os indivíduos que não se deslocaram aos locais onde aplicamos os inquéritos nunca seriam selecionados para a amostra. Isto pode ser problemático se existirem diferenças significativas entre os indivíduos que frequentam estes locais e os demais, no que toca aos assuntos focados pelo inquérito.

2 Consultar o Anexo I

repercutidos sobre os consumidores de outras formas. Segundo os resultados de Murakami e Young (1997) para os Estados Unidos, a maioria das deslocações é feita em automóveis privados, mesmo para aqueles mais desfavorecidos que não possuem um. Muitas das vezes, estes têm acesso a carros da família ou de amigos. Desta forma, é mais pertinente perguntar se as pessoas “usam” viatura particular (como foi feito no inquérito), em vez de se focar na questão da propriedade.

Ainda dentro deste grupo, é de particular relevância o quinto ponto (“Indique a sua situação profissional atual”). Plotnick et al. (2009), por exemplo, indica a situação laboral como um dos fatores determinantes do impacto das portagens sobre a população economicamente desfavorecida. Para além do rendimento, esta questão está ainda relacionada com a flexibilidade dos horários e com o valor que os indivíduos atribuem ao seu tempo (que normalmente estará relacionado com as suas profissões/níveis salariais).

A não utilização das vias portajadas implica normalmente maior duração das viagens. Desta forma, a valorização do tempo será um importante determinante da utilização destas estradas (a questão 4 da secção III pode conceder algumas pistas sobre isto para aqueles que afirmem usar as vias atualmente). Esta questão vem normalmente associada ao nível de rendimento dos indivíduos. É usual na teoria pressupor que os indivíduos mais ricos atribuem maior valor ao seu tempo quando comparado com os restantes. No entanto, Plotnick et al. (2009) argumenta que tal não é necessariamente verdadeiro. Os trabalhadores por conta de outrem de menor rendimento são normalmente submetidos a horários fixos cujo incumprimento pode ter consequências na sua empregabilidade. Desta forma, a procura pelas melhores infraestruturas rodoviárias será mais rígida (reage menos ao preço) quando o motivo das viagens é o trabalho. Logo, perceber as finalidades subjacentes às viagens é vantajoso para o estudo (pergunta 3 das secções II e III).

A distinção entre “Empregado por conta própria” e “Empregado por conta de outrem”, por exemplo, relaciona-se também com a questão dos horários de trabalho. Aqueles que trabalham por conta própria, assim como os trabalhadores com um nível de rendimento superior, ocupam normalmente cargos que lhes conferem maior flexibilidade na escolha dos dias e número de horas por dia que trabalham.

Como aponta Gutierrez-i-Puigarnau e van Ommeren (2015), as portagens, quando inevitáveis, surgem como um custo fixo que reduz o salário líquido dos utilizadores. Isto induz alterações nas decisões dos agentes. Estas alterações são decisivas para avaliar os impactos de qualquer tipo de esquema de *road pricing*. Segundo Plotnick et al. (2009), muitos

investigadores não conseguem entrar em conta com isto nos seus artigos. Esta é uma das principais fragilidades apontada aos estudos, e é uma que o próprio estudo de Plotnick et al. (2009) não ultrapassa.

Esta preocupação explica a lógica de construção das secções II e III. O paralelismo entre as 3 primeiras perguntas providencia informação sobre alterações nos padrões de frequência dos troços portajados, construídos com base na localização dos pórticos eletrónicos, enquanto que as perguntas 5 e 6 (e a 4, de certa forma) da terceira secção focam-se na racionalidade subjacente a possíveis mudanças. A pergunta 6 lista possíveis explicações para a diminuição da passagem nas vias (relacionadas com as portagens ou não), enquanto que com a 5 pretende-se obter informação em relação às formas através das quais as pessoas procuram ativamente evitar pagar portagens.

A escolha das opções de resposta mais relevantes para cada pergunta revelou-se um exercício difícil. Por um lado, era desejável que o número de respostas fosse mínimo, de forma a restringir o tamanho do questionário. Por outro lado, isto prejudicaria a quantidade de informação captada pelo inquérito. O aumento do número de possibilidades de resposta deve permitir decompor melhor a amostra e traçar uma imagem mais precisa da realidade. A solução encontrada, como já explanado, foi permitir que as pessoas insiram as suas próprias respostas em “Outro”, de forma a limitar a possibilidade de desconsiderarmos hipóteses interessantes de resposta.

Como avisam os autores, os impactos serão muito sensíveis às particularidades de cada caso e compensa separar os grupos em subgrupos mais homogéneos para avaliar melhor os efeitos. No caso da população mais pobre, por exemplo, considerar apenas os que não conseguem evitar pagar portagens pode conduzir a resultados que sobrestimam as consequências (Plotnick et al., 2009; Mokonyama, 2012).

A divisão final (secção IV) lida, desde logo, com o custo suportado com portagens nas ex-SCUTs, que pode ser comparado com o *output* da questão seguinte, os rendimentos dos indivíduos (este tópico é abordado na secção final visto que a remuneração é considerada uma matéria sensível). Estas duas questões focam-se no indivíduo, tal como o resto do inquérito. O estudo ao nível dos agregados familiares resultaria num questionário mais complexo e longo, o que procurámos evitar.

As duas questões finais relacionam-se com as formas através das quais os utentes devem proceder ao pagamento das taxas cobradas e com as punições aplicadas em caso de incumprimento. Para além de perceber quantas pessoas incorrem em encargos adicionais

pelo facto de não utilizarem Via Verde, alguns autores avisam que os esquemas de coleção automática ou pré-carregamento/pagamento, por mais simples que sejam, podem surgir como fonte de exclusão para certos utilizadores, devido aos custos inerentes, à possível confusão que cria junto destes ou mesmo devido à burocracia envolvida (Plotnick et al., 2009). Para além disto, existem ainda estudos interessantes que explicam como outras preocupações, como a privacidade, atrasam a adoção deste tipo de tecnologias (Ogden, 2001; Riley, 2008; Iqbal e Lim, 2008).

2.3. Principais resultados do inquérito

Foram recolhidas 558 respostas de residentes no Grande Porto entre março e novembro de 2017. Destes, 389 indivíduos usavam as ex-SCUTs antes das portagens, 32 dos quais as abandonaram entretanto, e 348 usavam as ex-SCUTs quando responderam ao questionário.

Uma das primeiras observações a retirar é a notória redução dos troços frequentados, mesmo 6 a 7 anos após a introdução das portagens. Todos os troços receberam menos respostas para o período atual (ver Figura 1). O mesmo verifica-se em termos relativos, uma vez que o número médio de troços por pessoa diminui de 4.2 para 3.3, o que confirma que isto não se deve apenas à redução do número absoluto de respondentes a esta questão. Em média, as pessoas usam menos de 2 troços em cada ex-SCUT, mesmo antes da introdução de portagens, com a A41 a destacar-se como a única exceção.

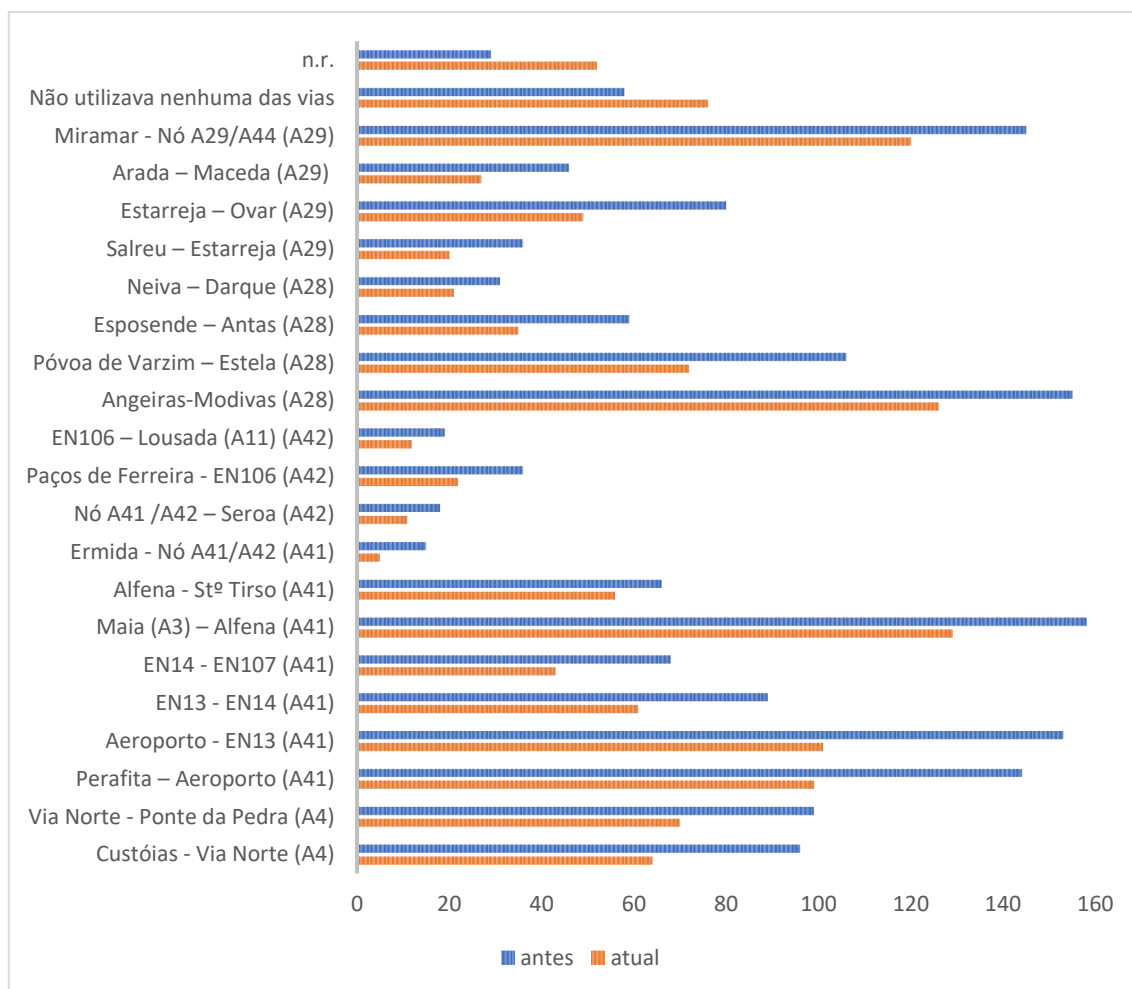


Figura 1 - Troços selecionados antes e depois das portagens

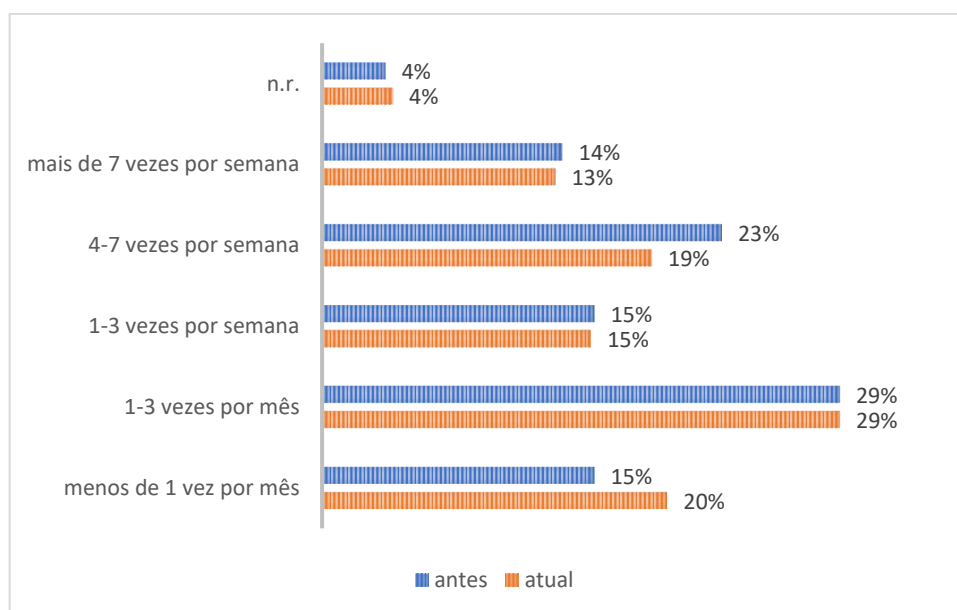


Figura 2 - Frequência da utilização das ex-SCUTs

Para além da redução dos troços, observa-se um desvio pouco pronunciado das respostas no sentido das menores frequências, assim como uma quebra do número total de motivos (-17%) superior à do número de utilizadores (-11%), o que novamente indica que os respondentes realizam efetivamente menos deslocações através das ex-SCUTs.

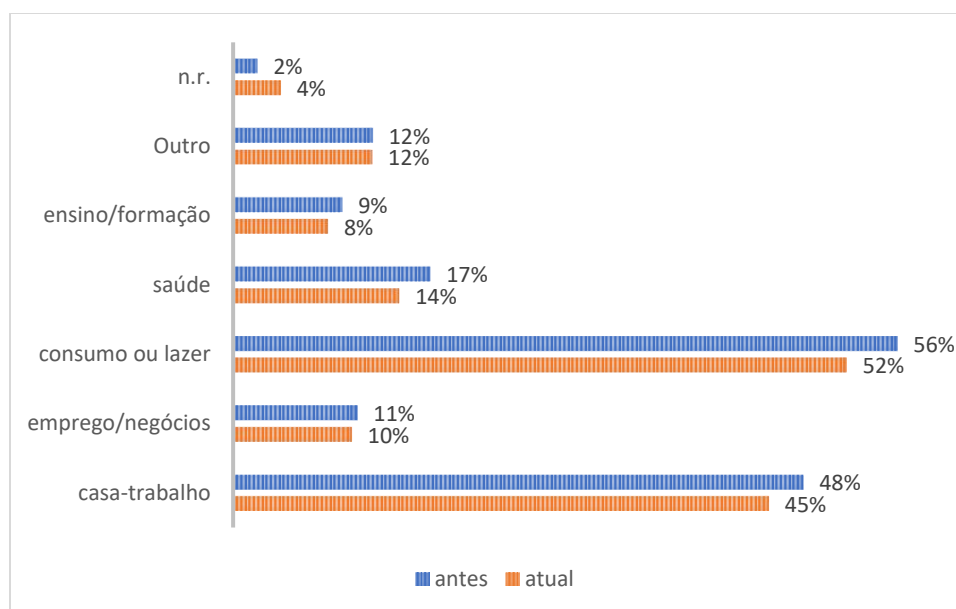


Figura 3 - Motivos da utilização das ex-SCUTs

No geral, apesar da “deslocação casa-trabalho” (denominada trabalho a partir de aqui) promover uma boa parte das viagens, “deslocação para atividades consumo ou lazer – compras, restaurantes, cabeleireiros, centros comerciais, etc.” (lazer de aqui em diante) aparenta surgir com maior saliência para as ex-SCUTs, em comparação com outras vias (confrontando, por exemplo, com os resultados em INE, 2002). No entanto, o primeiro motivo parece ser mais relevante do que o esperado, tendo sido selecionado por quase 50% dos respondentes nos dois períodos. Para além disto, a grande maioria das pessoas que indicaram usar as vias pelo menos 4 vezes por semana assinalaram o trabalho como uma das motivações.

	freq1	freq2	freq3	freq4	freq5
trabalho	14.1%	28.7%	41.8%	80.9%	93.6%
lazer	71.8%	69.4%	47.3%	26.5%	29.8%

Tabela 1 - Motivos selecionados por grupo de frequência

Cerca de 60% dos utilizadores atuais das ex-SCUTs indicaram que têm uma alternativa até 19 minutos mais lenta do que a ex-SCUT que usam, enquanto que apenas 10% dispõem de uma alternativa que torna as suas deslocações pelo menos 30 minutos mais demoradas, o que, combinado com a informação anterior, indica que as pessoas estão a substituir um número de troços reduzidos que fazem ou faziam parte dos seus percursos, não estando a responder com base na total extensão das vias.

Cerca de 51% dos respondentes selecionou pelo menos uma das duas opções relacionadas explicitamente com as portagens para justificar a sua redução da utilização das ex-SCUTs (“Não compensa pagar portagens face ao tempo poupado” e “Gostaria de usar como anteriormente, mas a despesa acumulada é demasiado elevada”). A principal estratégia para evitar portagens passa por recorrer a vias alternativas, e foi empregue por cerca de 50% dos utilizadores atuais. Para aqueles que deixaram de usar as ex-SCUTs, esta foi uma das opções adotadas em 66% dos casos.

No geral, 67% das pessoas usam Via Verde, sendo que a taxa é ligeiramente superior para os que ainda usam as ex-SCUTs (71%).

Seguidamente, 27.5% das pessoas já recebeu pelo menos uma notificação das Finanças devido a uma qualquer irregularidade no pagamento de portagens. Podemos dividir estas pessoas em dois grupos de dimensão semelhante. O primeiro diz respeito aos respondentes que receberam coimas até aos 30€ e o segundo, um pouco maior, é constituído por aqueles para os quais as penalizações ultrapassam este valor. A percentagem de pessoas que receberam estas notificações diminui para 22% quando consideramos apenas aqueles que usam Via Verde e ascende aos 41% para os demais. Esta taxa é ainda elevada para aqueles que deixaram de usar as ex-SCUTs (34%) quando comparada com os que usam mais troços atualmente (15.6%).

Os impactos sobre os orçamentos são especialmente difíceis de quantificar para o primeiro intervalo de rendimentos. Como o patamar inferior é de 0€, o peso de uma despesa de 19€, por exemplo, pode teoricamente variar entre 3.4% e 100% do rendimento. No entanto, é razoável admitir que os valores verdadeiros estarão bastante afastados da totalidade dos vencimentos destas pessoas. Para percebermos como estes valores podem variar, produzi a Tabela 2, onde se confrontam cenários hipotéticos com base em cada nível de rendimento e despesa:

	0-557€		558-1100€		1101-2500€	
	min.	méd.	min.	méd.	min.	méd.
0-19€	0%	3.4%	0%	1.1%	0%	0.5%
20-49€	3.6%	12.4%	1.8%	4.2%	0.8%	1.9%
50-99€	9.0%	26.8%	4.5%	9.0%	2.0%	4.1%
100-199€	18.0%	53.7%	9.1%	18.0%	4.0%	8.3%
200-299€	35.9%	89.6%	18.2%	30.1%	8.0%	13.9%
300€ ou mais	53.9%	-	27.3%	-	12.0%	-

Tabela 2 - Pesos das portagens nos orçamentos

Com base nestes pesos, computamos um peso ponderado das portagens no rendimento para cada escalão de rendimentos. De forma a perceber o cálculo deste indicador, imaginemos que existem apenas dois grupos de respondentes de igual dimensão e que auferem o mesmo salário de 500€. Os primeiros suportam uma despesa de 25€, o que equivale a 5% dos seus orçamentos, e os segundos pagam 75€ de portagens, ou 15% dos seus rendimentos. O peso médio para os dois grupos será:

$$50\% \times 5\% + 50\% \times 15\% = 10\%$$

Para determinar os pesos de cada grupo, considere as respostas de todos os utilizadores das ex-SCUTs exceto os que responderam “não sei” e, naturalmente, os que não responderam a estas questões. Consideramos apenas os três primeiros escalões de rendimento porque temos muito poucas respostas para os restantes. Como não sabemos o valor exato dos gastos em portagens ou dos rendimentos dentro de cada intervalo, assumimos dois cenários. No cenário mínimo assumimos o panorama mais favorável, ou seja, assumimos o rendimento máximo em cada escalão (557€, 1100€ e 2500€), e o valor mais baixo de portagem (0€, 20€, 50€, 100€, 200€ e 300€). No cenário médio, usamos os valores intermédios de cada intervalo, exceto para o último intervalo de portagens (“300€ ou mais”), para o qual continuamos a assumir 300€, como no cenário anterior. O peso das despesas em cada caso é ponderado pela distribuição das respostas de cada escalão, conforme explanado.

Assim, para o primeiro escalão de rendimentos (considerando apenas as respostas válidas conforme elucidado no parágrafo anterior), temos que aproximadamente 81% pagam portagens até aos 19€, 12% entre os 20€ e os 49€, 4% entre os 50€ e os 99€ e outros 4% acima dos 300€. Desta forma, o peso mínimo ponderado para este subgrupo é calculado da seguinte forma:

$$81\% \times 0\% + 12\% \times 3.6\% + 4\% \times 9\% + 4\% \times 53.9\% \cong 2.8\%$$

	0-557€	558-1100€	1101-2500€
Peso mínimo ponderado	2.8%	1.3%	1.2%
Peso médio ponderado	7.3%	3.4%	2.6%

Tabela 3 - Pesos das portagens nos orçamentos ponderados pelas respostas ao inquérito

Como vemos na Tabela 3, estes gastos têm cada vez menos impacto à medida que o rendimento dos indivíduos aumenta. Note-se que estes resultados não entram em conta com os indivíduos que efetivamente deixaram de usar as ex-SCUTs. Note-se ainda que, no cálculo do peso mínimo ponderado, admite-se que os indivíduos cuja despesa não ultrapassa os 19€ pagam o montante mínimo de 0€, ou seja, admitimos que o seu esforço financeiro com as portagens é de 0%.

Os pesos ponderados calculados têm a vantagem de se basearem nas respostas dos respondentes, para as quais estes entram em conta com o seu uso atual das ex-SCUTs, depois de todas as reduções e alterações efetuadas. Na maioria dos estudos, os autores são obrigados a fazer previsões assumindo que as deslocações das pessoas não sofrerão impacto. Neste caso, sabemos que o impacto sobre os utilizadores atuais da amostra foi pelo menos o representado pelo peso ponderado mínimo, assumindo que as respostas são precisas.

Estes resultados devem ser interpretados tendo em conta que os mesmos se baseiam nos rendimentos e despesas ao nível individual. Dada a distribuição de tarefas e a partilha de rendimentos dentro dos agregados familiares, um estudo para este nível de análise poderá revelar novas facetas sobre a utilização das ex-SCUTs e o seu impacto financeiro.

3. Metodologia

3.1. Análise de Correspondências Múltiplas

A Análise de Correspondências pode ser vista como uma extensão da Análise de Componentes Principais, aplicada a dados qualitativos (Greenacre e Hastie, 1987). A Análise de Correspondências Simples estuda a relação entre duas variáveis categóricas, enquanto que a Análise de Correspondências Múltiplas é apropriada para estudar um número maior de variáveis, que é o que nos interessa presentemente. A Análise de Correspondências Múltiplas (ACM) é, como explica Costa et al. (2013), uma análise de dados exploratória (que contrasta com o tradicional teste de hipóteses) usada para identificar possíveis relações entre variáveis, especialmente quando não conhecemos a natureza destas *a priori*.

A ACM é um método que permite simplificar e estudar a relação entre indivíduos, variáveis e categorias de um conjunto de dados, tanto analítica como visualmente (Aktürk et al., 2007). Esta metodologia é altamente apelativa, uma vez que a sua aplicação não requer o cumprimento de requisitos normalmente associados a outras técnicas (Aktürk et al., 2007; Costa et al., 2013; Hair et al., 2009), a sua interpretação é relativamente simples (facilitada ainda pela dualidade dos resultados, analíticos e visuais) e porque não necessitamos de estabelecer pressupostos sobre a natureza da conexão entre as variáveis, permitindo o estudo de relações para além das lineares (Husson et al., 2011).

A análise de correspondências simplifica complexos conjuntos de dados através de uma análise “simples e exaustiva”, providenciando uma detalhada descrição dos mesmos (Costa et al., 2013). A ACM é um método descritivo que representa *datasets* através de nuvens de pontos num espaço euclidiano de baixas dimensões. Os padrões presentes no conjunto de dados original são descritos com base nesta representação de indivíduos ou categorias. Os objetos com distribuições semelhantes são representados próximos uns dos outros, e os grupos que se vão formando dão-nos pistas alusivas às relações subjacentes (Greenacre e Hastie, 1987).

A observação visual direta destes conjuntos de dados é impossível acima das 3 dimensões. A diminuição da dimensionalidade dos dados com a menor perda de informação é um aspeto central da Análise de Correspondências. O objetivo da análise é, portanto, a identificação de subespaços de baixas dimensões que contenham os perfis calculados de forma aproximada à sua distribuição original. No fundo, procura-se eliminar as dimensões

ao longo das quais se retém pouca informação, de modo a que a representação com menos dimensões seja a mais fidedigna possível (Greenacre, 2007).

Uma das formas de aplicar este método parte de uma matriz indicadora cujas linhas correspondem aos casos ou indivíduos e as colunas são variáveis *dummy* que sinalizam a presença ou não da respetiva categoria (Husson et al., 2011; Greenacre e Hastie, 1987). Os dados podem ser estudados de acordo com estes dois pontos de vista: os indivíduos e as categorias. De forma alternativa, a análise pode ser efetuada sobre uma matriz das tabulações cruzadas entre todas as categorias, denominada de tabela ou matriz de Burt (Greenacre, 2007). Como aponta Greenacre (2007), as considerações acerca dos indivíduos, por exemplo, podem ser aplicadas às colunas, uma vez que estas duas análises são equivalentes.

No primeiro caso, o objetivo passa por observar como se distribuem os mesmos e indagar quanto à existência de grupos de indivíduos consistentes, que se distinguem uns dos outros. Isto é feito através das categorias associadas aos mesmos. Os indivíduos que partilham várias categorias serão representados juntos uns dos outros (sendo que no extremo, quando a distância é nula, os pontos encontrar-se-ão sobrepostos), e vice-versa. Estas distâncias baseiam-se nas distâncias de qui-quadrado (Greenacre e Hastie, 1987; Husson et al., 2011). Cada ponto de linha/respondente pode ser interpretado como um conjunto de coordenadas, e localiza-se na posição média dos pontos de categorias que o caracterizam (Greenacre e Hastie, 1987). Para determinar a distância entre dois indivíduos em específico devemos entrar em conta com as respostas de todos os elementos da amostra. Como explica Husson et al. (2011), uma categoria rara pode distinguir dois indivíduos que têm muitas respostas em comum, ou aproximar dois indivíduos com poucas categorias em comum.

Analogamente, as distâncias entre as categorias são calculadas com base nos grupos de indivíduos associados a cada uma. Um ponto de uma categoria corresponde ao *centroid* (posição média) de todos os pontos de respondentes que se inserem nessa categoria (Greenacre e Hastie, 1987). Duas categorias estarão mais próximas quando muitos indivíduos selecionam as duas em simultâneo, e vice-versa. Similarmente ao caso dos indivíduos, as distâncias entram em conta com o tamanho relativo de cada categoria. Por exemplo, se tivermos uma categoria 1 bastante abrangente que partilha poucos indivíduos com outra categoria 2 e nenhum com uma categoria 3 muito rara, é bastante possível que a distância entre 1 e 3 seja superior, apesar do número absoluto de indivíduos que não partilham as

categorias 1 e 2 ser superior aos que não partilham 1 e 3. Para além disto, duas categorias da mesma variável podem estar próximas se os indivíduos responderem de forma semelhante às restantes variáveis, apesar de serem mutuamente exclusivas (Husson et al., 2011).

Os conjuntos destes pontos formam as nuvens de indivíduos e categorias. Devemos agora reduzir a dimensionalidade dos dados para podermos representar estas nuvens. Isto pode ser feito através de um processo conhecido por *Singular Value Decomposition*³, que permite dividir uma matriz retangular em componentes, aproximando a matriz original a uma matriz com menor característica (Greenacre, 2007). Em termos geométricos, isto equivale à explicação anterior, ou seja, à redução de dimensões que contêm pouca informação e que contribuem pouco para descrever os dados.

Através desta técnica obtemos as coordenadas das linhas e colunas e ainda as inércias associadas a cada dimensão. As percentagens de inércia medem a perda de informação ou o sacrifício na dispersão de pontos resultante da projeção dos pontos nos eixos ortogonais. Perdemos a noção completa das distâncias, que passam a ser aproximadas, e obtemos uma visão dos perfis que seria impossível preservando todas as dimensões originais (Greenacre, 2007).

3.2. Hierarchical Clustering

Tal como em ACM, o arranjo dos dados em grupos é uma forma interessante de visualizar e desvendar relações entre os mesmos. A análise de *clusters* consiste num processo que nos permite classificar e organizar uma amostra. Tal como em ACM, o *clustering* parte de uma medida de proximidade ou semelhança, e não obriga à estipulação de quaisquer pressupostos em relação ao número de grupos presentes nos dados (Jain e Dubes, 1988).

Na maior parte dos casos, existe um número imenso de possibilidades quando procuramos agrupar um conjunto de dados, e, como tal, foram criados alguns algoritmos de forma a encontrar divisões sem necessidade de examinar todas as combinações possíveis (Johnson e Wichern, 2007).

Os algoritmos de *hierarchical clustering* operam de forma sequencial, agrupando os objetos sucessivamente, de forma a que reste apenas um *cluster* no final da sua aplicação (*agglomerative hierarchical clustering*), ou dividindo um *cluster* inicial que contém todos os itens

³ Consultar o Apêndice 1

até que cada *cluster* contenha apenas uma observação (*divisive hierarchical clustering*) (Jain e Dubes, 1988; Johnson e Wichern, 2007). Em cada nível, as partições resultam da junção de pelo menos duas partições do nível anterior (ou divisão de uma das partições anteriores, no caso de um *divisive algorithm*) (Jain e Dubes, 1988).

Iremos nos focar no método de Ward. Este método centra-se na ideia de agrupar objetos com a mínima perda de informação. A distância euclidiana entre um elemento e o centro do seu *cluster* é usada como medida do erro. À medida que os dados são agrupados e os *clusters* se tornam maiores, este erro aumenta. A cada etapa, o algoritmo procura minimizar o incremento na soma dos erros quadrados, unindo os dois *clusters* que melhor satisfazem esta restrição (Johnson e Wichern, 2007; Kaufman e Rousseeuw, 1990). Este aumento é igual à soma dos erros do novo *cluster* menos os erros dos dois *clusters* iniciais.

Kaufman e Rousseeuw (1990) explicam que, originalmente, este algoritmo procedia somente de acordo com o menor aumento possível dos erros quadrados para cada etapa. Atualmente, este método é aplicado com algumas alterações, nomeadamente com a introdução de certas medidas de semelhança que ponderam as distâncias de vários modos (Johnson e Wichern, 2007; Kaufman e Rousseeuw, 1990). Desta forma, é possível definir uma maior proximidade entre dois indivíduos para os quais se verifica a presença de uma dada característica do que, por exemplo, entre dois indivíduos que têm em comum o facto de não terem essa característica. O algoritmo acaba por ir juntando os dois *clusters* com maior semelhança/menor dissemelhança⁴, conforme estipulada (Kaufman e Rousseeuw, 1990).

A forma mais compreensível de exibir os resultados é através de um dendrograma (Jain e Dubes, 1988), que é uma espécie de diagrama de árvore, cujo eixo vertical corresponde ao valor da “soma dos quadrados dos erros” para o nível respetivo (Johnson e Wichern, 2007).

⁴ Consultar o Apêndice 2

4. Resultados

4.1. Definição das variáveis

Para esta análise utilizamos como indivíduos ativos apenas os considerados utilizadores atuais, ou seja, os que selecionaram pelo menos um dos troços na secção III do inquérito (utilização atual das ex-SCUTs – Anexo 1). Dispomos de 348 observações de indivíduos que podem ser classificados como utilizadores atuais.

As variáveis ativas são obtidas através das três primeiras questões da secção indicada do questionário, que caracterizam a utilização das ex-SCUTs por parte dos respondentes.

Em primeiro lugar, o número de troços foi transformado numa variável categórica com quatro intervalos: 1 a 2 troços, 3 a 4 troços, 5 a 9 troços e 10 a 20 troços. Estes intervalos foram construídos com base nos quartis da variável quantitativa original: o primeiro quartil é 1, a mediana 2 e o terceiro quartil é 4. O intervalo entre 5 e 20 troços foi dividido em dois de forma a discriminar melhor estes indivíduos.

A frequência de utilização pode ser usada diretamente. As respostas dividem-se em 5 intervalos aos quais se acresce as “não-respostas”, o que resulta em 6 categorias. A categoria “freq_1” equivale à frequência menor.

O terceiro item consiste numa questão em que os respondentes podem selecionar mais do que uma opção, e, deste modo, não podemos proceder da mesma forma. Criou-se uma variável para cada motivo com duas categorias cada, uma que designa a presença do motivo e outra que indica o oposto (“lazer_yes” e “lazer_no” para lazer, por exemplo). Esta questão desdobra-se então em 3 variáveis, uma relativa ao lazer, outra ao trabalho, e a última agrega todos os restantes motivos.

Aproveitamos a restante informação fornecida pelo inquérito através da inclusão de variáveis suplementares. As coordenadas para as categorias qualitativas são calculadas do mesmo modo que as ativas (Husson et al., 2011). As categorias quantitativas, por outro lado, são representadas através da sua correlação com as dimensões. Porém, apenas as categorias ativas são consideradas na redução de dimensionalidade.

As questões das secções I e IV do inquérito foram transformadas em variáveis do mesmo modo que a questão das frequências. Nos rendimentos, os dois intervalos acima dos 2500€ foram agrupados. Foi criada uma variável adicional baseada nas profissões com apenas duas categorias, separando os indivíduos empregados dos demais. O mesmo foi feito para as coimas. Incluí uma variável que indica se os respondentes usam mais (“usa_mais”), menos

(“usa_menos”) ou o mesmo número de troços (“usa_igual”) em relação ao momento anterior às portagens. Criei uma variável para cada uma das ex-SCUTs (A4, A41, A42, A28 e A29), que indica se o indivíduo selecionou pelo menos um dos troços da respetiva autoestrada ou não (para a A4, por exemplo, temos “A4_yes” para os utilizadores e “A4_no” para os demais). Como usamos apenas os utilizadores atuais, todos os respondentes incluídos utilizam pelo menos uma das ex-SCUTs. A questão relativa ao tempo das alternativas é também análoga à das frequências, e foi introduzida da mesma forma. Contém 7 categorias e “altern_1” corresponde ao menor tempo da alternativa. Outra variável foi concebida através da questão 6 (motivo para redução do uso), assumindo um valor caso os respondentes tenham selecionado pelo menos uma das opções relativas às portagens (“RDP”) e outro caso contrário (“NRDP”).

Finalmente, são incluídas 3 variáveis quantitativas: o número de troços selecionados, o número de motivos selecionados e a diferença entre o total de troços selecionados para o período atual e para o anterior.

Variável ativa	Designação da variável	Categorias
Troços	int_troços	1-2; 3-4; 5-9; 10-20
Frequência de utilização	freq	freq_1; freq_2; freq_3; freq_4; freq_5; freq_nr
Motivo de utilização – Trabalho	trabalho	trabalho_yes; trabalho_no
Motivo de utilização – Lazer	lazer	lazer_yes; lazer_no
Motivo de utilização – Outro	outro_motivo_bin	outro_yes; outro_no

Tabela 4 - Variáveis e categorias ativas

Variável suplementar qualitativa	Designação da variável	Categorias
Utilizador A4	A4	A4_yes; A4_no
Utilizador A41	A41	A41_yes; A41_no
Utilizador A42	A42	A42_yes; A42_no
Utilizador A28	A28	A28_yes; A28_no
Utilizador A29	A29	A29_yes; A29_no
Alternativas às ex-SCUTs	altern	altern_1; altern_2; altern_3; altern_4; altern_5; altern_6; altern_nr
Variação do uso	uso	usa_menos; usa_igual; usa_mais
Despesa com portagens	Despesa	0-19€; 20-49€; 50-99€; 100-199€; 200-299€; 300€+; desp_ns; desp_nr
Rendimento	Rendimento	0-557€; 558-1100€; 1101-2500€; 2500€+; rend_nr;
Via Verde	ViaVerde	VV_yes; VV_no; VV_nr
Coima	Coima	nunca recebi; 0-30€; 31-50€; 51-75€; 76-100€; 101-200€; 200€+; coima_nr
Coima (binária)	Coima_bin	coima_yes; coima_no
Sexo	Sexo	Masculino; Feminino; sexo_nr
Idade	idade	18-24; 25-34; 35-44; 45-64; 65+; idade_nr
Educação	educ	basico; secundario; superior; educ_nr
Profissão	prof	conta de outrem; conta própria; Desempregado; Reformado; Estudante; Outro_prof
Profissão (binária)	prof_bin	Empregado; Não Empregado

Tabela 5 - Variáveis e categorias suplementares qualitativas

Variável suplementar quantitativa	Designação da variável no modelo	Valores
Troços (quantitativa)	num_troços	[1,20]
Diferença de troços	dif_troços	[-11,5]
Número de motivos	num_motivos	[0,5]

Tabela 6 - Variáveis e categorias suplementares quantitativas

4.2. Implementação em R

Os resultados foram calculados no RStudio 1.1.453. Em primeiro lugar, a matriz indicadora é importada para o programa. Para obtermos os resultados da análise de correspondências múltiplas, devemos primeiramente introduzir o seguinte comando:

```
scut_atual_mca <- MCA(scut_atual, quali.sup = c(6:23), quanti.sup = c(24:26))
```

Como vimos acima, mantemos como variáveis ativas apenas as referentes à utilização atual das ex-SCUTs. Através das 16 categorias ativas, o programa constrói 11 variáveis sintéticas (ou dimensões) para explicar toda a variação das variáveis ativas.

	Eigenvalue	Percentagem da variância	Percentagem da variância acumulada
Dim 1	0.39	17.54	17.54
Dim 2	0.26	11.71	29.25
Dim 3	0.23	10.37	39.63
Dim 4	0.21	9.67	49.29
Dim 5	0.2	9.13	58.43
Dim 6	0.19	8.77	67.2
Dim 7	0.19	8.5	75.7
Dim 8	0.18	8.16	83.86
Dim 9	0.18	8	91.86
Dim 10	0.1	4.67	96.52
Dim 11	0.08	3.48	100

Tabela 7 - Percentagens de inércia

4.3. O Primeiro Plano

Quando corremos a análise, o programa devolve automaticamente quatro gráficos. Primeiramente, vamos observar o gráfico dos indivíduos (Figura 4). Neste gráfico, os indivíduos que partilham várias categorias são representados próximos uns dos outros, e vice-versa. Por exemplo, os indivíduos 296 e 297 encontram-se sobrepostos, uma vez que responderam de forma igual para todas as variáveis ativas (ambos usam entre 10 a 20 troços, mais de 7 vezes por semana, para se deslocarem ao trabalho e um outro motivo que não o lazer). Os indivíduos 85 e 90 encontram-se também sobrepostos, mas estão distantes dos primeiros uma vez que estes pares não possuem qualquer categoria ativa em comum. A

nuvem de indivíduos não parece apresentar grupos que se destacam significativamente dos outros, o que possivelmente nos indica que existe considerável heterogeneidade nos padrões de frequência nas ex-SCUTs estudadas pelos respondentes do Grande Porto.

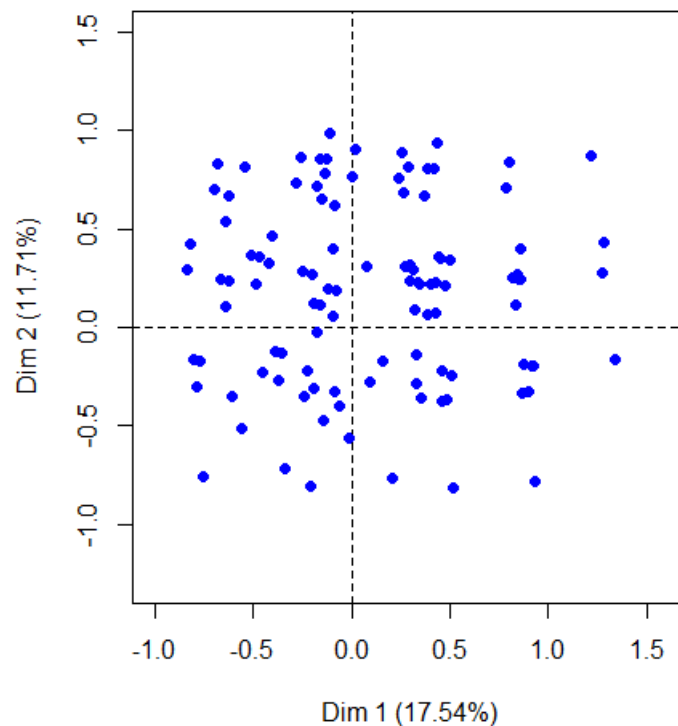


Figura 4 - Gráfico dos indivíduos

Indivíduo	int_troços	freq	trabalho	lazer	outro_motivo_bin
85	1 a 2	freq1	trabalho_no	lazer_yes	outro_no
90	1 a 2	freq1	trabalho_no	lazer_yes	outro_no
296	10 a 20	freq5	trabalho_yes	lazer_no	outro_yes
297	10 a 20	freq5	trabalho_yes	lazer_no	outro_yes

Tabela 8 - Comparação entre indivíduos ilustrativos

As categorias associadas a estes indivíduos confrontadas com as suas coordenadas na Figura 4 transmitem alguma informação sobre as duas primeiras dimensões. A Figura 5 e a Tabela 9 mostram que a primeira dimensão está relacionada com as variáveis trabalho e frequência, e em menor grau a lazer. Já a segunda dimensão encontra-se correlacionada principalmente com os indivíduos que escolheram outros motivos para além do trabalho e lazer e com o número de troços que selecionaram.

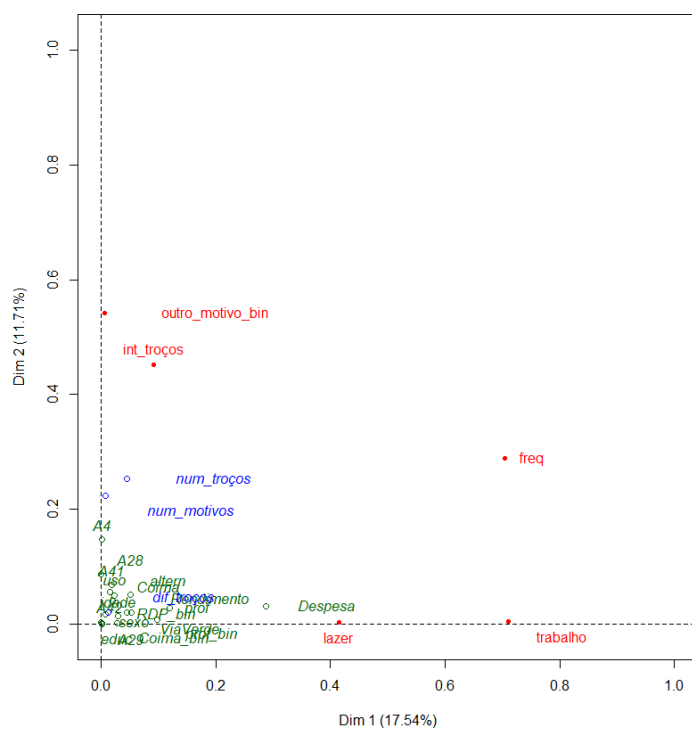


Figura 5 - Gráfico das variáveis

Dim1	Correlação quadrada	p.value	Dim2	Correlação quadrada	p.value
trabalho	0.7110	0.0000	outro_motivo_bin	0.5424	0.0000
freq	0.7045	0.0000	int_troços	0.4516	0.0000
lazer	0.4151	0.0000	freq	0.2879	0.0000
despesa	0.2874	0.0000	A4	0.1465	0.0000
prof_bin	0.0977	0.0000	A28	0.0864	0.0000
prof	0.1199	0.0000	A41	0.0681	0.0000
int_troços	0.0920	0.0000	A42	0.0552	0.0000
ViaVerde	0.0453	0.0003	uso	0.0496	0.0002
Rendimento	0.0527	0.0023	altern	0.0509	0.0064
altern	0.0517	0.0057	RDP_bin	0.0158	0.0189
A41	0.0186	0.0108	ViaVerde	0.0189	0.0372
uso	0.0233	0.0171			
A42	0.0153	0.0211			
educ	0.0276	0.0219			

Tabela 9 - Correlação entre variáveis e dimensões

A análise das categorias ativas associadas a cada dimensão permite-nos obter mais detalhe relativamente à forma como estas dimensões separam a amostra. Através das Figuras 6 e 7, facilmente observamos que a primeira dimensão opõe aqueles que selecionaram trabalho e não lazer aos que fizeram o contrário. Vemos ainda que as categorias da variável “freq” se distribuem de forma linear à medida que nos deslocamos ao longo do eixo das abcissas. De um lado temos os utilizadores menos frequentes (“freq1” e “freq2”) e do outro os utentes mais assíduos das ex-SCUTs (“freq4” e “freq5”). Para além disto, e apesar desta componente estar pouco correlacionada com a variável “int_troços”, a dimensão encontra-se relacionada ainda com uma das suas categorias (“10 a 20”). Todas as outras categorias localizam-se muito próximas da coordenada 0 no primeiro eixo, o que significa que praticamente toda a interação desta variável com esta dimensão é através da categoria mencionada.

Sumariamente, esta dimensão caracteriza-se pelos indivíduos que utilizam muitos troços quotidianamente, para se deslocarem entre a sua residência e local de trabalho, mas não para disfrutar de atividades relacionadas com o lazer.

Efetivamente, a grande maioria dos respondentes que selecionaram “freq4” ou “freq5” selecionaram “trabalho” como um dos motivos, e o mesmo pode ser dito para os que escolheram “lazer” e “freq1” ou “freq2”, como aludido no capítulo II (Tabela 1).

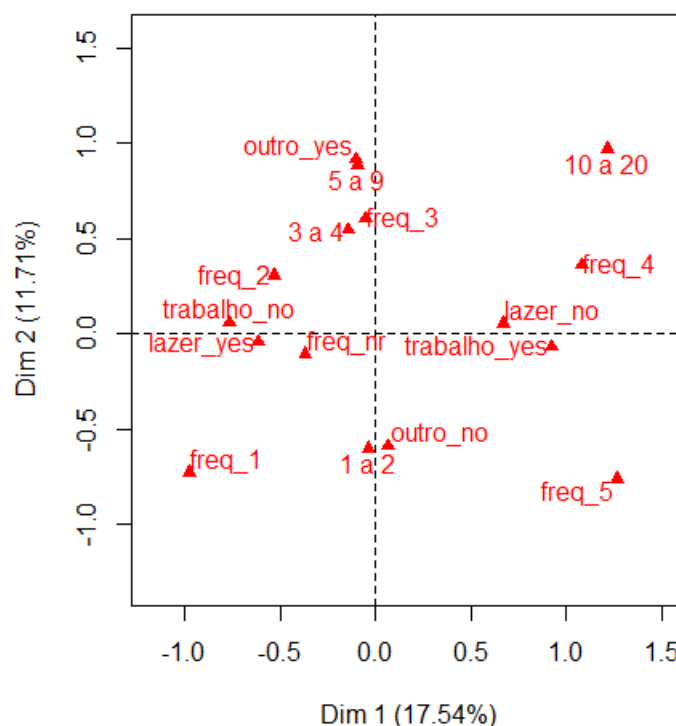


Figura 6 - Gráfico das categorias ativas

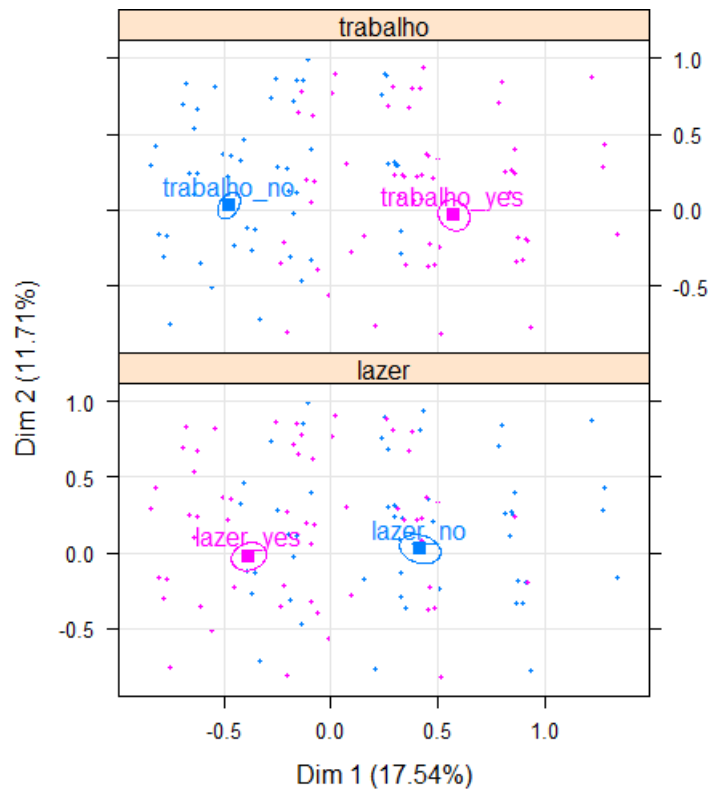


Figura 7 - Confronto das categorias das variáveis “trabalho” e “lazer”

Enquanto que a primeira dimensão distingue “lazer” e “trabalho”, o segundo eixo contrapõe os indivíduos que selecionaram pelo menos um dos outros motivos (“outro_yes”) aos que não o fizeram (“outro_no”). Adicionalmente, a segunda variável com um maior grau de correlação com esta dimensão é “int_troços”. Constata-se que as categorias respectivas se distribuem de forma linear ao longo do eixo das ordenadas. No entanto, apenas uma categoria possui ordenada negativa. Desta forma, esta dimensão separa os respondentes que utilizam um ou dois troços dos que utilizam mais do que dois troços. Seguidamente, a relação desta dimensão com a variável “freq” é mais complexa. O segundo eixo parece afastar os utilizadores mais constantes (“freq5”) e os menos habituais (“freq1”) dos que selecionaram as restantes frequências intermédias (“freq2”, “freq3” e “freq4”).

Assim, esta componente é identificada pelos indivíduos que selecionaram pelo menos um dos outros motivos e que usam mais de dois troços, pelo menos uma vez por mês e não mais do que sete vezes por semana.

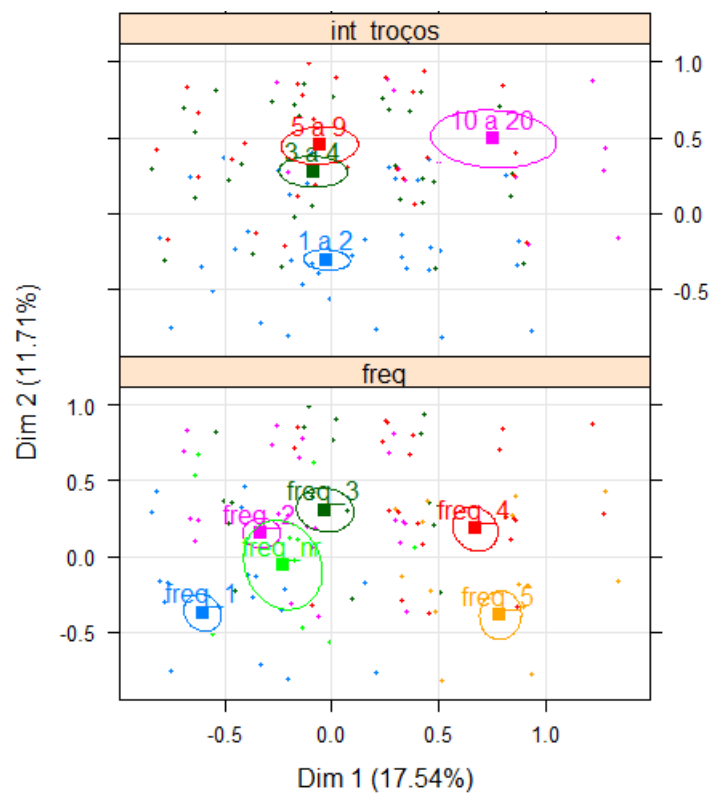


Figura 8 - Confronto das categorias das variáveis “int_troços” e “freq”

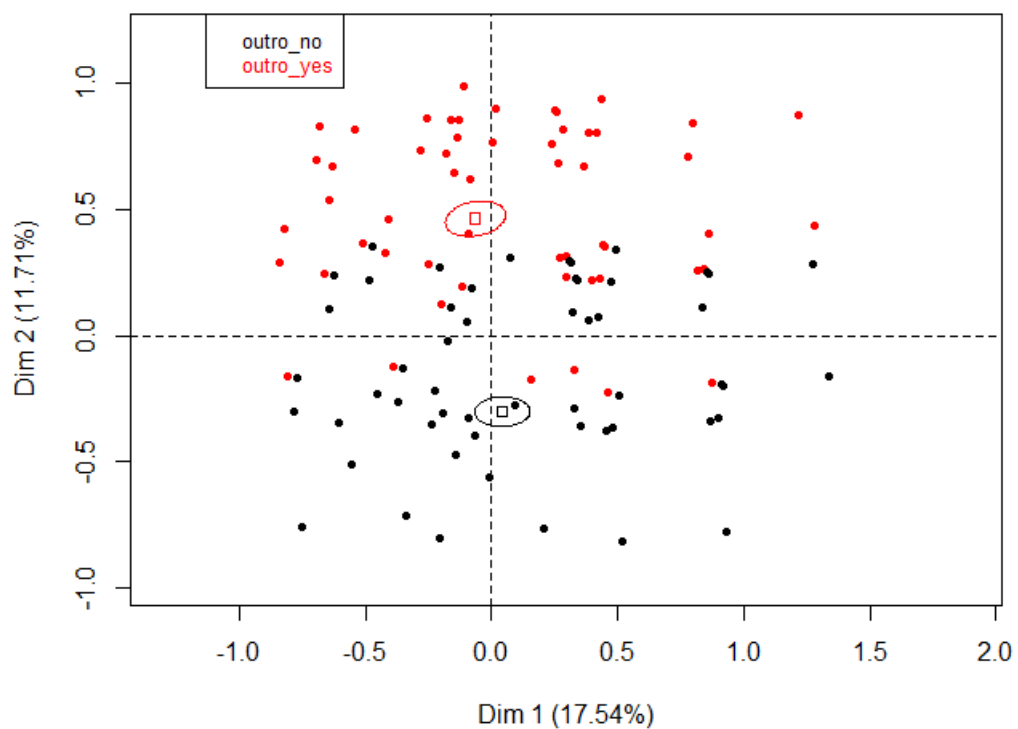


Figura 9 - Confronto das categorias da variável “outro_motivo_bin”

4.4. Variáveis Suplementares

Como vimos anteriormente, a segunda dimensão é caracterizada pela variável “int_troços”, entre outras. Vimos ainda que as categorias desta variável se distribuem de acordo com a sua ordem natural ao longo deste eixo. Assim, não é surpreendente que a variável quantitativa que serviu de base à sua criação esteja também correlacionada com a mesma dimensão. A variável “num_troços” obteve ainda um grau de correlação ligeiramente superior a 0.2 com a primeira dimensão.

A variável “num_motivos” encontra-se positivamente correlacionada com a segunda dimensão, o que, novamente, não é um resultado surpreendente. Desta vez, esta variável não tem uma relação significativa com o primeiro eixo, e, como tal, o *software* não apresenta a respetiva medida de correlação. Por último, os níveis de correlação para “dif_troços” são reduzidos para qualquer uma das dimensões.

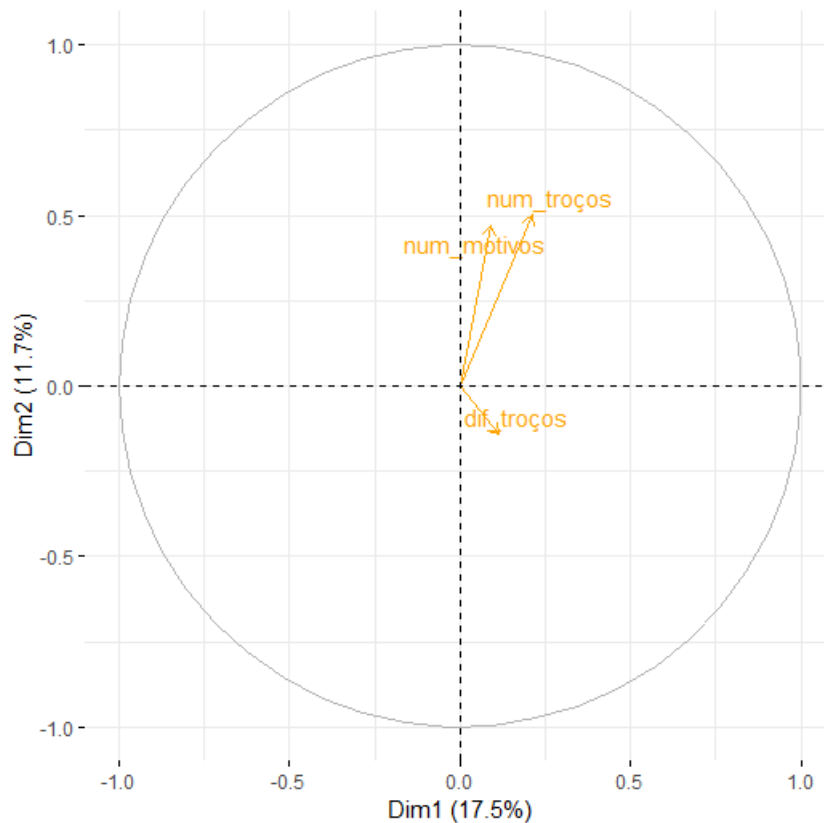


Figura 10 - Círculo de correlação das variáveis suplementares quantitativas

Uma vez que temos 70 categorias qualitativas suplementares, estas foram separadas em 3 gráficos de modo a permitir visualizar a localização de cada categoria (o gráfico com todas as categorias simultaneamente pode ser consultado no Anexo 3). As variáveis foram divididas de acordo com a sua divisão no inquérito. A Figura 11 diz respeito às variáveis da secção I

do mesmo (“sexo”, “idade”, “educ”, “prof” e “prof_bin”), a Figura 12 às secções II e III (“uso”, “A4”, “A41”, “A42”, “A29”, “A28” e “RDP_bin”) e a Figura 13 à secção IV (“Despesa”, “Rendimento”, “ViaVerde”, “Coima” e “Coima_bin”).

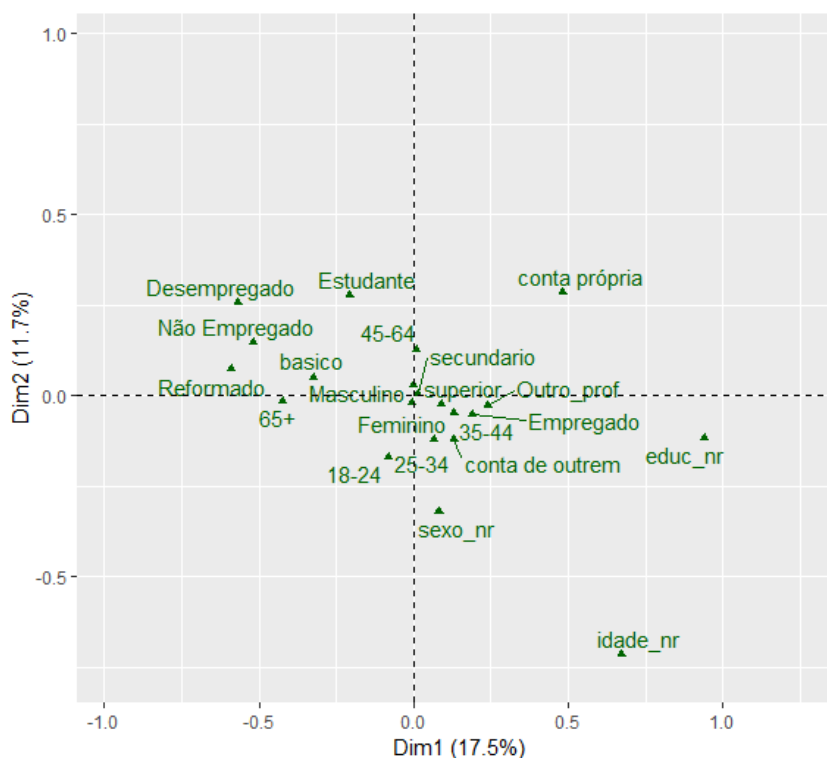


Figura 11 - Gráfico das variáveis suplementares qualitativas (secção I)

No lado esquerdo da origem, encontramos um grupo constituído por aqueles que não trabalham, os desempregados e reformados (os estudantes também se encontram próximos), com baixo rendimento, baixas despesas com portagens, idades acima dos 65 anos e baixa escolaridade. Estes estão ainda associados a algumas categorias que representam “não-respostas”, como “rend_nr”, “desp_nr” e “coima_nr”.

Ao longo do segundo eixo temos, por um lado, as categorias que representam o uso de cada autoestrada, acompanhadas pelas categorias que indicam as piores alternativas (principalmente “altern_6”, “altern_5” e “altern_4”) e “usa_igual”. Em oposição estão as restantes categorias pertencentes às mesmas variáveis (por exemplo, “altern_1”, “A41_no”, “A4_no”, “A28_no” e “A42_no”).

Quando nos deslocamos para a direita, encontramos as categorias referentes a elevadas despesas com portagens e elevadas coimas. Temos ainda tendencialmente à direita da origem, região associada a “trabalho_yes”, categorias como “NRDP”, “VV_yes”, “usa_igual” e “usa_mais”.

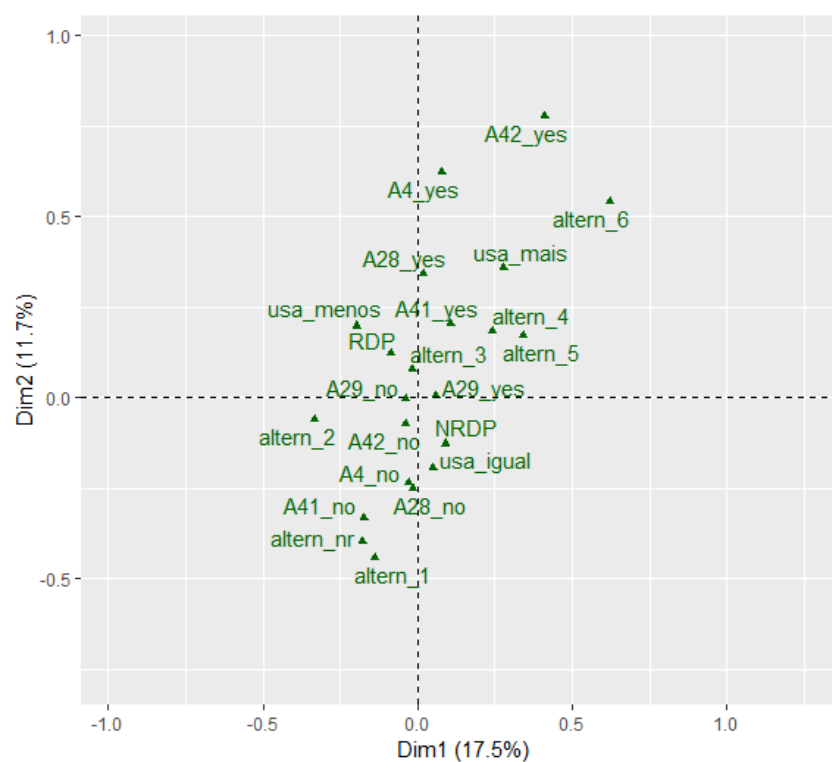


Figura 12 - Gráfico das variáveis suplementares qualitativas (secções II e III)

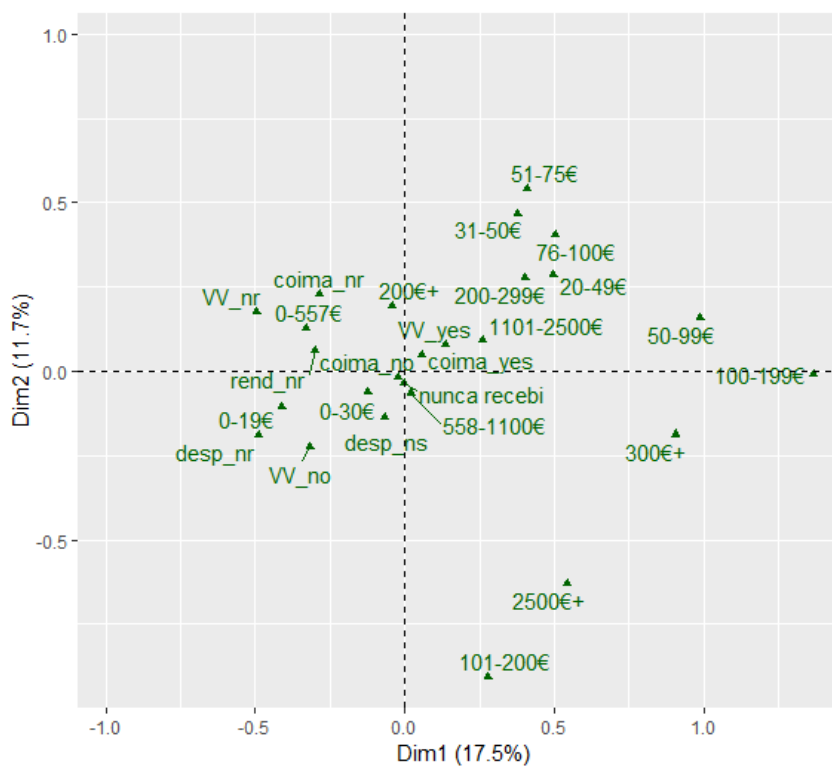


Figura 13 - Gráfico das variáveis suplementares qualitativas (secção IV)

4.5. Tabela de Burt

A mesma análise pode ser conduzida utilizando agora a Tabela de Burt, o que constitui um método alternativo de realizar ACM. Nesta tabela, descartamos a informação relativa a cada indivíduo, e preservamos a informação relativa às associações entre categorias. Esta é uma solução apelativa para o armazenamento da informação quando estamos perante um elevado número de entradas/indivíduos.

Através deste método, obtemos resultados equivalentes ao já exposto. No entanto, como usual quando empregamos a Tabela de Burt, as primeiras dimensões explicam uma maior percentagem da inércia. Devido à relação entre as duas matrizes, as inércias principais da matriz de Burt são iguais ao quadrado das inércias da matriz indicadora. Como as inércias são inferiores a 1, quando as mesmas são elevadas ao quadrado tornam-se mais pequenas, especialmente as inércias menores. Em torno, isto torna as percentagens de inércia principais superiores (Greenacre, 2007). As duas primeiras dimensões explicam agora aproximadamente 42.65% da variação das categorias ativas. De acordo com Greenacre e Hastie (1987) e Greenacre (2007), as percentagens obtidas até agora são provavelmente medidas pessimistas da variância explicada.

O gráfico das categorias é praticamente idêntico ao anterior:

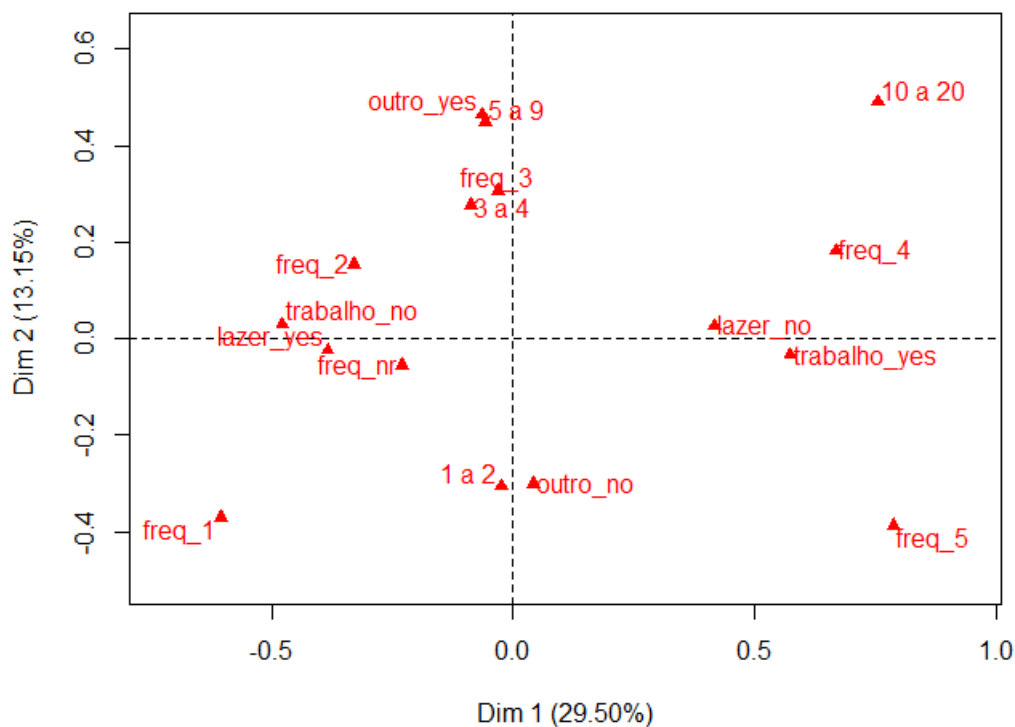


Figura 14 - Gráfico das categorias ativas (Burt)

4.6. Hierarchical Clustering

Podemos agora usar os *scores* da análise de correspondências múltiplas numa análise de *clusters*, de modo a testar se os indivíduos são agrupados conforme proposto acima. A Figura 15 corresponde ao dendrograma obtido antes de seleccionarmos o número de *clusters* a estudar.

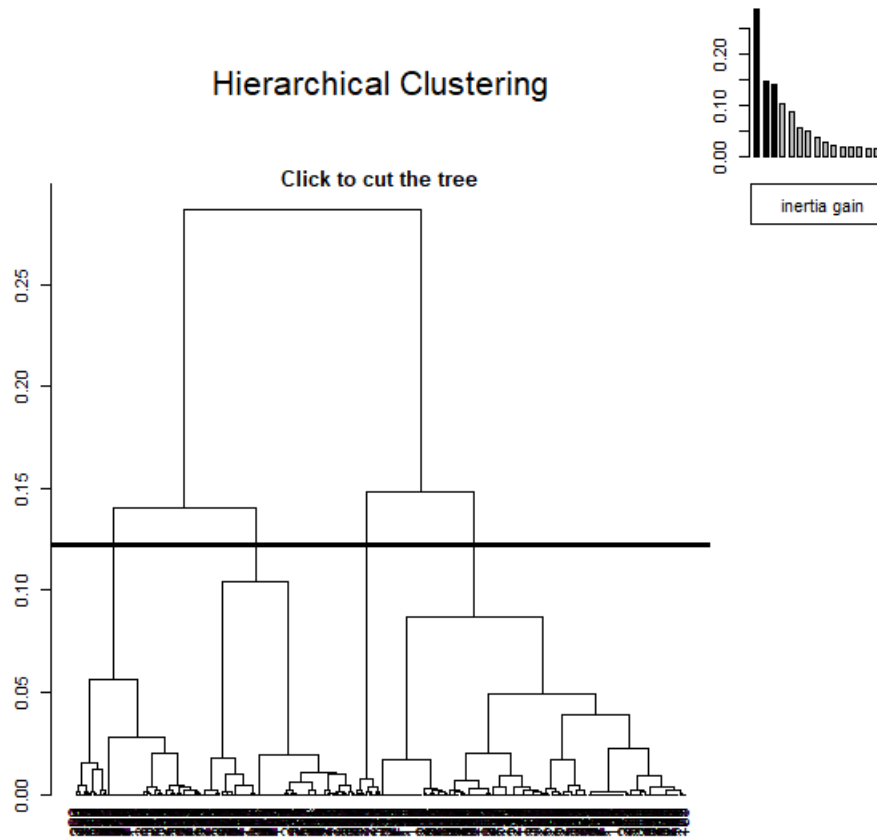


Figura 15 - Dendrograma antes do corte

Quando pretendemos dividir os indivíduos em dois grupos, encontramos uma separação clara entre os indivíduos que utilizam as ex-SCUTs por lazer e não trabalho e os que o fazem pelos motivos inversos. O primeiro *cluster* é o associado ao primeiro destes tipos de utilizadores, sendo que os indivíduos mais distantes do seu centro são o 178, 122, 293, 294 e 338. Estes têm em comum o facto de terem seleccionado “trabalho_yes” e “lazer_no”. Quanto ao segundo *cluster*, os indivíduos 239, 216, 244, 153 e 85 são os mais afastados do seu centro e todos eles indicaram “lazer_yes”. Apenas um não utiliza também devido a outro motivo e apenas um indicou que utiliza devido ao trabalho.

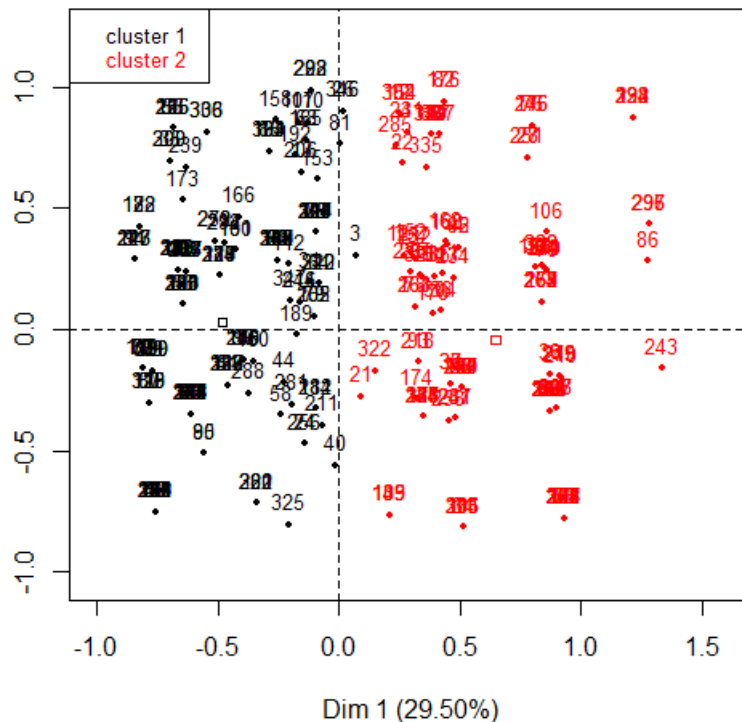


Figura 16 - Gráfico dos indivíduos (2 clusters)

Para obtermos maior detalhe, fixamos agora o número de *clusters* em quatro. No primeiro *cluster* estão incluídos principalmente os indivíduos que usam as ex-SCUTs devido a atividades de lazer e não devido ao trabalho, e que se inserem na “freq1” ou “freq2”. Associadas a este cluster surgem ainda as categorias do menor nível de despesa com portagens e de rendimento, dos reformados e desempregos, dos com idade superior aos 65 anos, que não usam Via Verde ou a A41, e os que usam menos troços em relação ao período anterior.

Já o segundo *cluster* aglomera, no que toca às categorias ativas, todos os que não responderam à questão da frequência (“freq_nr”). Em relação às categorias suplementares, encontramos os indivíduos que não responderam à questão das alternativas (“altern_nr”), do rendimento (“rend_nr”) e do sexo (“sexo_nr”) e novamente os indivíduos com mais de 65 anos. Sumariamente, este *cluster* engloba os respondentes que deixaram várias questões em branco, que tendem a ser os mais idosos, e é o mais estreito de todos.

Os dois *clusters* finais estão ambos ligados às categorias “trabalho_yes” e “lazer_no”, o que parece sugerir que separam os trabalhadores em dois grupos. No terceiro *cluster* temos aqueles que escolherem “freq5” (e também “freq3”) e “1 a 2” troços. Já no quarto, juntam-se aqueles com “freq4” e “10 a 20” troços.

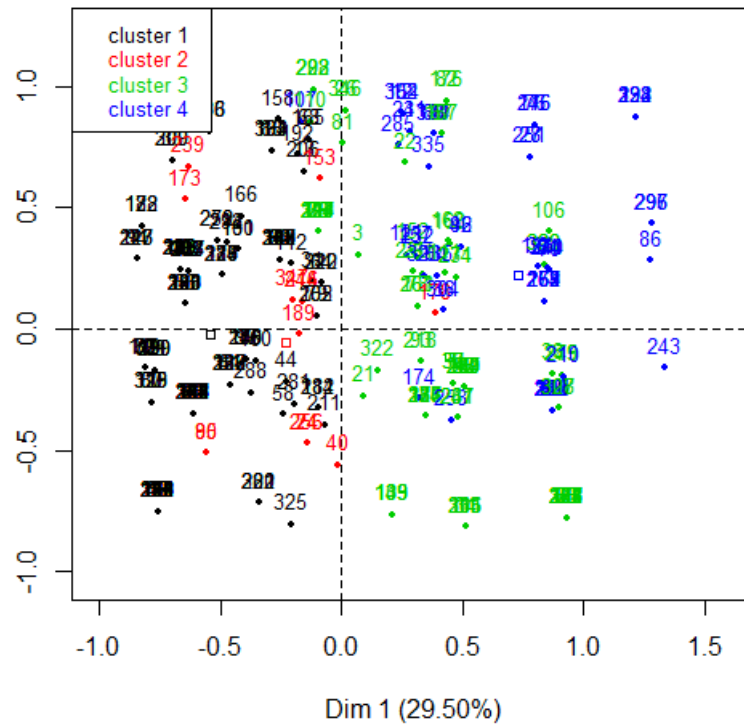


Figura 17 - Gráfico dos indivíduos (4 *clusters*)

Quanto às categorias suplementares, a categoria “conta de outrem” surge correlacionada com o terceiro *cluster*, e “conta própria” com o quarto, assim como “Empregado” da variável “prof_bin”. No terceiro *cluster* encontramos “A28_no”, enquanto que o quarto inclui indivíduos que utilizam a A4, A41 e A42 (o que faz sentido, visto que este *cluster* está associado a um número elevado de troços), possuem Via Verde, têm despesas entre 20 e 199€, rendimentos entre 1101€ e 2500€ e já receberam pelo menos uma coima entre 31€ e 50€. Apesar de os rendimentos acima dos 2500€ estarem mais associados ao terceiro *cluster*, esta observação não tem grande valor, uma vez que apenas dispomos de 10 observações para esta categoria. Esta categoria teria sido ventilada se o rendimento fosse uma variável ativa.

Resumindo, o *cluster* 4 está associado aos indivíduos empregados em geral, com especial destaque para os empregados por conta própria. Este *cluster* compreende ainda uma generalidade de categorias suplementares que parecem estar naturalmente associadas ao uso de um número elevado de troços (“10 a 20”) quase diariamente (“freq4”). O terceiro lida especificamente com os empregados por conta de outrem, que usam um número muito restrito de troços com muita intensidade (“freq5”), ou que têm maior flexibilidade nos seus percursos para o local de emprego e conseguiram reduzir a passagem nos pórticos (“freq3”).

Este *cluster* parece pertencer aos indivíduos que mais procuram evitar as portagens, utilizando as ex-SCUTs principalmente para se deslocarem ao local de trabalho e atravessando apenas os troços absolutamente necessários.

5. Conclusões

Um dos principais obstáculos enfrentados neste estudo foi a escassez de estudos, não apenas sobre o caso específico das ex-SCUTs, mas também sobre casos e projetos que se aproximem ao nosso e que nos permitam estabelecer comparações e retirar informações úteis. O inquérito foi pensado como uma espécie de primeiro passo na procura de esclarecimento acerca da temática proposta, fixando-se em questões básicas e fundamentais para caracterizar a utilização das ex-SCUTs e o seu impacto junto das famílias em termos financeiros. Como em qualquer questionário, especialmente aqueles elaborados em fases iniciais de investigação, a informação retirada do mesmo nunca será suficiente para responder a todas as nossas questões iniciais. Efetivamente, um dos benefícios do presente estudo poderá ser a sinalização de questões relevantes a estudar no futuro. Finalmente, o facto de a amostra ter sido construída por conveniência prejudica a nossa capacidade de tirar inferências para o universo que pretendemos estudar.

Conjeturamos à partida que o efeito da introdução de portagens tem sido negativo, num contexto onde os potenciais efeitos positivos da redução do congestionamento e dos esquemas de compensação presentes na maior parte dos outros casos estudados não se aplicam. O objetivo do presente trabalho foi a recolha de informação sobre o grau deste impacto, que depende crucialmente da importância destas vias para as famílias e da sua capacidade de as substituir, de forma a que a sua mobilidade e os seus orçamentos não venham demasiado lesados.

A metodologia empregue proporcionou novas formas de visualizar e agrupar os dados, para além daquilo que seria possível através de uma simples descrição dos resultados. Apesar de se verificar heterogeneidade nos padrões de frequência das ex-SCUTs, os resultados suportam uma distinção entre os indivíduos que as usam devido ao lazer e os que o fazem devido ao trabalho.

Estas ex-SCUTs parecem ser usadas principalmente para deslocações relacionadas com o lazer, como o consumo, passeios de fim de semana e visitas familiares. Para a generalidade das famílias, isto não será preocupante visto que é relativamente fácil reduzir o número de deslocações ou alterar os itinerários, mesmo que isso signifique deslocações um pouco mais lentas. Contudo, em certos casos, isto pode levar a que certas populações fiquem mais dependentes da oferta local deste tipo de atividades.

Apesar disto, é o trabalho que aparece associado às deslocações mais frequentes, e ainda um pouco a números elevados de troços atravessados. As necessidades dos trabalhadores não são idênticas, o que justifica o facto de existirem grupos de indivíduos que continuam a usar as ex-SCUTs frequentemente por este motivo, chegando a suportar um custo que pode ser substancial para os que o fazem diariamente. Isto poderá evidenciar que algumas pessoas continuam dependentes destas vias, não as conseguindo substituir adequadamente. Os resultados em Jou e Yeh (2013) mostram que os trabalhadores em serviços e comércio estão mais dispostos a pagar portagens, uma vez que os seus horários são pouco flexíveis, em contraposição com, por exemplo, um sujeito acima dos 40 anos que ocupe um cargo de diretor (exemplo do autor). Quando não existe escolha senão tolerar as portagens, as mesmas funcionarão como uma redução do salário líquido, o que poderá influenciar a oferta de trabalho, especialmente no longo prazo (Gutierrez-i-Puigarnau e van Ommeren, 2015).

Desta forma, as ex-SCUTs continuam a ser vias consideravelmente relevantes para o acesso ao posto de trabalho, e, conseqüentemente, para a empregabilidade dos indivíduos. Esta descoberta é mais preocupante e merece mais investigação no sentido de caracterizar estes movimentos e perceber a relação entre as portagens e a oferta de trabalho. Como já mencionado, as estatísticas oficiais disponíveis sobre isto encontram-se provavelmente deveras desatualizadas, a julgar pela data em que foram recolhidas e tratadas. Isto condiciona a nossa compreensão e interpretação dos resultados. Estudos futuros poderão procurar desvendar mais informação em relação às deslocações para o emprego, assim como sobre outros aspetos que possam influenciar as decisões quanto às vias a atravessar, como as perceções sobre a segurança e condições das mesmas, os modos de pagamentos disponíveis e o efeito das coimas.

Apesar de esta temática não ser o foco deste estudo, as portagens nas ex-SCUTs levantam ainda algumas preocupações relacionadas com a equidade. Em primeiro lugar, similarmente ao que se passa no caso estudado em Schweitzer e Taylor (2008), as portagens poderão ter transformado, em certa medida, as ex-SCUTs em vias mais rápidas e com melhores condições para aqueles com mais poder de compra, enquanto que os demais são obrigados a atravessar as estradas mais antigas e lentas, o que é compatível com alguns dos resultados apresentados. Adicionalmente, alguns indivíduos podem aproveitar a configuração das ex-SCUTs para entrar e sair das mesmas sem atravessar pórticos, não suportando

qualquer despesa, o que será injusto para aqueles que, devido aos seus percursos e necessidades específicas, não conseguem fazer o mesmo, tal como se passava em Jou e Yeh (2013).

Para além das temáticas mencionadas, são ainda dignos de atenção estudos que avaliam outros impactos relevantes, como a sinistralidade (Dias, 2015; Pereira et al., 2017), as emissões de poluentes (Moreira, 2010; Monteiro, 2010) ou a criação de empresas e emprego (Audretsch et al., 2017).

Apêndices

Apêndice 1 – Algoritmo da Análise de Correspondências (adaptado de Greenacre, 2007)

Temos W pontos num espaço e um subespaço U (candidato a subespaço aproximado). Para o perfil w com massa m_w , a distância entre o ponto e U é $d_w(U)$. A proximidade de todos os perfis a U é dada por:

$$\sum_w m_w [d_w(U)]^2$$

Este é o critério que se pretende minimizar, através de *Singular Value Decomposition* (SVD). Se N é a matriz indicadora com I linhas e J colunas, a matriz de correspondências será:

$$P = \frac{1}{n} N,$$

onde n é igual à soma de todos os elementos de N ($I \times J$). Os elementos de P são designados p_{ij} e cada linha ou coluna equivale a um perfil. As massas das linhas e colunas são dadas por:

$$r_i = \sum_{j=1}^J p_{ij}, \text{ e}$$

$$c_j = \sum_{i=1}^I p_{ij}$$

As massas podem ser preservadas em matrizes:

$$r = P\mathbf{1} \text{ e } D_r = \text{diag}(r), \text{ e}$$

$$c = P^T\mathbf{1} \text{ e } D_c = \text{diag}(c),$$

onde $\mathbf{1}$ é um vetor de uns com as dimensões apropriadas. Seguidamente, calcula-se a matriz S :

$$S = D_r^{-1/2}(P - rc^T)D_c^{-1/2}$$

A SVD decompõe S em três elementos, tal que:

$$S = UD_\alpha V^T,$$

onde $U^T U = V^T V = I$ e D_α é a matriz diagonal dos valores singulares em ordem descendente. Segundo o teorema de Eckart-Young, uma matriz S_m construída com as

primeiras m colunas de U e V e os primeiros m valores singulares de D_α é uma aproximação *least-squares* a S de característica m .

Apêndice 2 – Método de Ward (adaptado de Jain e Dubes, 1988 e Hair et al., 2009)

O “error sum of squares” (ESS) é a medida do erro. Para cada *cluster* k , temos que ESS_k é a soma dos desvios quadrados de cada item ao *centroid* ou média do mesmo. O ESS é a soma dos erros de todos os *clusters*:

$$ESS = ESS_1 + ESS_2 + \dots + ESS_k$$

A soma dos erros quadrados de um *cluster* C é a soma das distâncias euclidianas quadradas entre os objetos do cluster e o seu *centroid*:

$$ESS(C) = \sum_{i \in C} \|x_i - \bar{x}(C)\|^2$$

Quando juntamos dois clusters A e B em R temos que:

$$\Delta ESS = ESS(R) - ESS(A) - ESS(B) = \dots = \frac{1}{2}d^2(A, B)$$

Disto facilmente vemos que o algoritmo acaba por juntar os clusters A e B cuja dissemelhança é menor. Esta medida de dissemelhança pode ser definida como:

$$d^2(A, B) = \frac{2|A||B|}{|A| + |B|} \|\bar{x}(A) - \bar{x}(B)\|^2$$

Referências Bibliográficas

- Aktürk, D., Gün, S., & Kumuk, T. (2007). Multiple correspondence analysis technique used in analyzing the categorical data in social sciences. *Journal of Applied Sciences*, 7(4), 585-588.
- Andraz, J. M., & Pereira, A. (2009). Investimento em estradas e desenvolvimento regional em Portugal: O processo das auto-estradas Scut. *Desafios Emergentes para o Desenvolvimento Regional*, 215-239.
- Audretsch, D. B., Dohse, D., & dos Santos, J. P. (2017). *Do toll-free highways foster firm formation and employment growth? Results from a quasi-natural experiment*. Kiel Working Paper.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2013). *Research methods in education*: Routledge.
- Correia, D. F. C. S. (2014). *A Renegociação das Parcerias Público-Privadas no Setor Rodoviário: A opção de extensão das subconcessões*. Universidade do Porto.
- Costa, F. N. (2012). *Demand risk in the Portuguese SCUTS and the 2010 renegotiation*. Universidade Católica Portuguesa.
- Costa, P. S., Santos, N. C., Cunha, P., Cotter, J., & Sousa, N. (2013). The use of multiple correspondence analysis to explore associations between categories of qualitative variables in healthy ageing. *Journal of aging research*, 2013.
- Decreto-Lei 68/2008 de 14 abril – Unidades territoriais para efeitos de organização territorial das associações de municípios.
- Dias, L. L. (2015). *Pagamentos de portagens nas EX-SCUT: Qual o impacto na sinistralidade rodoviária?*. Universidade Nova de Lisboa.
- Greenacre, M., Van der Heijden, P., Keiding, N., Morgan, B., & Speed, T. (2007). *Correspondence Analysis in Practice*. 2ª edição. New York: Chapman and Hall/CRC.
- Greenacre, M., & Hastie, T. (1987). The Geometric Interpretation of Correspondence Analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 82(398), 437-447.
- Gutierrez-i-Puigarnau, E., & van Ommeren, J. N. (2015). Commuting and labour supply revisited. *Urban Studies*, 52(14), 2551-2563.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2009). *Multivariate Data Analysis*. 7ª edição. Prentice Hall.

Hensher, D. A., Ho, C. Q., & Liu, W. (2016). How much is too much for tolled road users: Toll saturation and the implications for car commuting value of travel time savings?. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 94, 604-621.

Husson, F., Lê, S., & Pagès, J. (2011). *Exploratory Multivariate Analysis by Example Using R*. 2ª edição. Boca Raton: CRC Press.

Instituto Nacional de Estatística (INE). (2002). *Inquérito à mobilidade da população residente: Cavado-Ave, Grande Porto, Vale do Sousa-Baixo Tâmega, Entre Douro e Vouga – 2000*. Disponível em

https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOES_pub_boui=7250963&PUBLICACOESstema=00&PUBLICACOESmodo=2

Iqbal, M. U., & Lim, S. (2008). Designing tolling technologies with privacy in mind: A user perspective. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 61(2), 1-25.

Jain, A. K., & Dubes, R. C. (1988). *Algorithms for clustering data*. 1ª edição. Prentice-Hall, Inc.

Johnson, R. A., & Wichern, D. W. (2007). *Applied multivariate statistical analysis*. 6ª edição. Upper Saddle River, N.J.: Pearson Prentice Hall.

Jou, R. C., & Yeh, Y. C. (2013). Freeway passenger car drivers' travel choice behaviour in a distance-based toll system. *Transport policy*, 27, 11-19.

Kaufman, L., & Rousseeuw, P. J. (2008). *Finding groups in data: an introduction to cluster analysis*. 1ª edição. John Wiley & Sons.

McGrowder, D., Jackson, L. A., Forrester, R., Edie, C., Crawford, A., Simpson, S., & Crawford, T. (2009). The Impact of the North Coast Highway on Socioeconomic Status and Family Life of Residents in Bogue Village, Jamaica. *Asian Social Science*, 5(2), 28-37.

Mokonyama, M. (2012). *The social impact of introducing a tolling scheme on a pre-existing urban network: the case of South Africa*. 4th European Transport Conference.

Monteiro, R. J. d. S. S. (2010). *Acessos rodoviários ao Grande Porto*. Universidade do Porto.

Moreira, H. J. P. (2010). *Sustentabilidade ambiental das SCUT da Área Metropolitana do Porto*. Universidade do Porto.

Murakami, E., & Young, J. (1997). *Daily travel by persons with low income*. US Federal

Highway Administration Washington, DC.

Odeck, J., & Bråthen, S. (2008). Travel demand elasticities and users attitudes: A case study of Norwegian toll projects. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 42(1), 77-94.

Ogden, K. (2001). Privacy issues in electronic toll collection. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 9(2), 123-134.

Parry, I. W., & Bento, A. (2001). Revenue recycling and the welfare effects of road pricing. *The Scandinavian Journal of Economics*, 103(4), 645-671.

Pereira, A. M., Pereira, R. M., & dos Santos, J. P. (2017). *For Whom the Bell Tolls: Road Safety Effects of Tolls on Uncongested SCUT Highways in Portugal*. No. 0074. Gabinete de Estratégia e Estudos, Ministério da Economia

Plotnick, R., Romich, J., & Thacker, J. (2009). The impacts of tolling on low-income persons in the Puget Sound region. *Washington State Transportation Center*

Riley, P. F. (2008). The tolls of privacy: An underestimated roadblock for electronic toll collection usage. *Computer Law & Security Review*, 24(6), 521-528.

Santos, M. G., & Santos, B. F. (2012). *Shadow-tolls in Portugal: How We Got Here and What Were the Impacts of Introducing Real Tolls*. Paper presented at the European Transport Conference 2012.

Schweitzer, L., & Taylor, B. D. (2008). Just pricing: the distributional effects of congestion pricing and sales taxes. *Transportation*, 35(6), 797-812.

Vaz, I. A. S. (2012). *As parcerias público-privadas: o caso da SCUTVIAS*. ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa.

Anexos

Anexo 1 – Inquérito Utilização Ex-SCUTs

Questionário – Utilização Ex-SCUTs

Este questionário destina-se exclusivamente a obter informações sobre o impacto das portagens nas autoestradas A28, A29, A41 e A42 sobre as famílias, no âmbito de um trabalho que está a ser desenvolvido pela DECO e pela Faculdade de Economia da Universidade do Porto. A sua participação será anónima. Por favor siga as indicações e responda às seguintes questões indicando cada resposta com uma cruz:

I – Informações básicas

1. Indique o seu concelho de residência

<input type="checkbox"/> Espinho	<input type="checkbox"/> Matosinhos	<input type="checkbox"/> Santo Tirso	<input type="checkbox"/> Vila do Conde
<input type="checkbox"/> Gondomar	<input type="checkbox"/> Porto	<input type="checkbox"/> Trofa	<input type="checkbox"/> Vila Nova de Gaia
<input type="checkbox"/> Maia	<input type="checkbox"/> Póvoa de Varzim	<input type="checkbox"/> Valongo	<input type="checkbox"/> Viana do Castelo
<input type="checkbox"/> Barcelos	<input type="checkbox"/> Outro: _____		
2. Indique o seu género
☐ Masculino ☐ Feminino
3. Indique a sua idade

<input type="checkbox"/> 18-24	<input type="checkbox"/> 25-34	<input type="checkbox"/> 35-44	<input type="checkbox"/> 45-64	<input type="checkbox"/> 65 ou mais
--------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-------------------------------------
4. Indique o seu nível de habilitações literárias

<input type="checkbox"/> Nenhum	<input type="checkbox"/> Ensino Básico	<input type="checkbox"/> Ensino Secundário	<input type="checkbox"/> Ensino Superior
---------------------------------	--	--	--
5. Indique a sua situação profissional atual

<input type="checkbox"/> Empregado por conta própria	<input type="checkbox"/> Empregado por conta de outrem	<input type="checkbox"/> Desempregado	<input type="checkbox"/> Estudante
<input type="checkbox"/> Reformado	<input type="checkbox"/> Outro: _____		
6. Utiliza viatura individual?
☐ Sim ☐ Não
(se a sua resposta é “Não” terminou o inquérito)

II – Utilização antes da introdução portagens

1. Utilizava as seguintes vias?

<input type="checkbox"/> Angeiras-Modivas (A28)	<input type="checkbox"/> Maia (A3) – Alfena (A41)	<input type="checkbox"/> Nó A41 /A42 – Seroa (A42)
<input type="checkbox"/> Póvoa de Varzim – Estela (A28)	<input type="checkbox"/> Alfena - Stº Tirso (A41)	<input type="checkbox"/> Paços de Ferreira - EN106 (A42)
<input type="checkbox"/> Esposende – Antas (A28)	<input type="checkbox"/> Ermida - Nó A41/A42 (A41)	<input type="checkbox"/> EN106 – Lousada (A11) (A42)
<input type="checkbox"/> Neiva – Darque (A28)	<input type="checkbox"/> Nó A41/A42 - Gandra - Nó A4 - Zona Ind de Campo (A41)	<input type="checkbox"/> Salreu – Estarreja (A29)
<input type="checkbox"/> Perafita – Aeroporto (A41)	<input type="checkbox"/> Zona Ind. de Campo - Aguiar de Sousa (A41)	<input type="checkbox"/> Estarreja – Ovar (A29)
<input type="checkbox"/> Aeroporto - EN13 (A41)	<input type="checkbox"/> Aguiar de Sousa - Nó A43 – Medas (A41)	<input type="checkbox"/> Arada – Maceda (A29)
<input type="checkbox"/> EN13 - EN14 (A41)	<input type="checkbox"/> Medas - Nó A32 – Sandim (A41)	<input type="checkbox"/> Miramar - Nó A29/A44 (A29)
<input type="checkbox"/> EN14 - EN107 (A41)	<input type="checkbox"/> Sandim - Nó A1 (Argoncilhe) (A41)	<input type="checkbox"/> Custóias - Via Norte (A4)
<input type="checkbox"/> Via Norte - Ponte da Pedra (A4)	<input type="checkbox"/> Não utilizava nenhuma das vias	

(se a sua resposta é “Não” passe à pergunta 1. da próxima secção)

2. Se sim, com que frequência?
- ☐ menos de 1 vez por mês ☐ 1-3 vezes por mês ☐ 1-3 vezes por semana
- ☐ 4-7 vezes por semana ☐ mais de 7 vezes por semana
3. Se sim, quais os principais motivos das deslocações pessoais? (pode seleccionar mais do que uma opção)
- ☐ Deslocação casa-trabalho
- ☐ Procura de emprego/ oportunidades de negócio
- ☐ Deslocação para actividades consumo ou lazer – compras, restaurantes, cabeleireiros, centros comerciais, etc.
- ☐ Deslocação por motivos de saúde (ex.: centros saúde/hospitais)
- ☐ Deslocação para estabelecimentos de ensino/formação
- ☐ Outro: _____

III – Utilização atual das ex-SCUTs

1. Utiliza as seguintes vias?
- | | | |
|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> Angeiras-Modivas (A28) | <input type="checkbox"/> Maia (A3) – Alfena (A41) | <input type="checkbox"/> Nó A41 /A42 – Seroa (A42) |
| <input type="checkbox"/> Póvoa de Varzim – Estela (A28) | <input type="checkbox"/> Alfena - Stº Tirso (A41) | <input type="checkbox"/> Paços de Ferreira - EN106 (A42) |
| <input type="checkbox"/> Esposende – Antas (A28) | <input type="checkbox"/> Ermida - Nó A41/A42 (A41) | <input type="checkbox"/> EN106 – Lousada (A11) (A42) |
| <input type="checkbox"/> Neiva – Darque (A28) | <input type="checkbox"/> Nó A41/A42 - Gandra - Nó A4 - Zona Ind de Campo (A41) | <input type="checkbox"/> Salreu – Estarreja (A29) |
| <input type="checkbox"/> Perafita – Aeroporto (A41) | <input type="checkbox"/> Zona Ind. de Campo - Aguiar de Sousa (A41) | <input type="checkbox"/> Estarreja – Ovar (A29) |
| <input type="checkbox"/> Aeroporto - EN13 (A41) | <input type="checkbox"/> Aguiar de Sousa - Nó A43 – Medas (A41) | <input type="checkbox"/> Arada – Maceda (A29) |
| <input type="checkbox"/> EN13 - EN14 (A41) | <input type="checkbox"/> Medas - Nó A32 – Sandim (A41) | <input type="checkbox"/> Miramar - Nó A29/A44 (A29) |
| <input type="checkbox"/> EN14 - EN107 (A41) | <input type="checkbox"/> Sandim - Nó A1 (Argoncilhe) (A41) | <input type="checkbox"/> Custóias - Via Norte (A4) |
| <input type="checkbox"/> Via Norte - Ponte da Pedra (A4) | <input type="checkbox"/> Não utilizo nenhuma das vias | |

(se respondeu “Não” na pergunta 1. da secção II e III terminou o questionário; se respondeu “Não” apenas nesta questão passe para a 5.)

2. Com que frequência?
- ☐ menos de 1 vez por mês ☐ 1-3 vezes por mês ☐ 1-3 vezes por semana
- ☐ 4-7 vezes por semana ☐ mais de 7 vezes por semana
3. Se sim, quais os principais motivos das deslocações pessoais? (pode seleccionar mais do que uma opção)
- ☐ Deslocação casa-trabalho
- ☐ Procura de emprego/ oportunidades de negócio
- ☐ Deslocação para actividades consumo ou lazer – compras, restaurantes, cabeleireiros, centros comerciais, etc.
- ☐ Deslocação por motivos de saúde (ex.: centros saúde/hospitais)
- ☐ Deslocação para estabelecimentos de ensino/formação
- ☐ Outro: _____
4. Quanto tempo poupa em média quando usa a(s) via(s) indicada(s) em relação à melhor alternativa não portajada?
- | | | |
|---|------------------------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> A alternativa é tão ou mais rápida | <input type="checkbox"/> 1-9 min | <input type="checkbox"/> 10-19 min |
| <input type="checkbox"/> 20-29 min | <input type="checkbox"/> 30-59 min | <input type="checkbox"/> 1h ou mais |

5. Considera que alterou os seus comportamentos devido à introdução de portagens? Se sim, de que forma? (pode seleccionar mais do que uma opção)
- ☐ Não alterei significativamente os meus comportamentos
 - ☐ Organizo boleias mais frequentemente
 - ☐ Passei a usar outras vias
 - ☐ Uso mais outros meios de transporte
 - ☐ Mudei de residência
 - ☐ Alterei postos de trabalho
 - ☐ Passei a usar mais a(s) via(s) indicada(s)
 - ☐ Outro: _____
6. Se utiliza menos vezes, porquê? (pode seleccionar mais do que uma opção)
- ☐ Não utilizo menos vezes
 - ☐ Não é necessário para deslocação principal
 - ☐ Não compensa pagar portagens face ao tempo poupado
 - ☐ Gostaria de usar como anteriormente, mas a despesa acumulada é demasiado elevada
 - ☐ Mudança posto trabalho
 - ☐ Mudança local de residência
 - ☐ Consumo demasiado combustível na(s) via(s) indicada(s)
 - ☐ Prefiro utilizar outras vias
 - ☐ Outro: _____

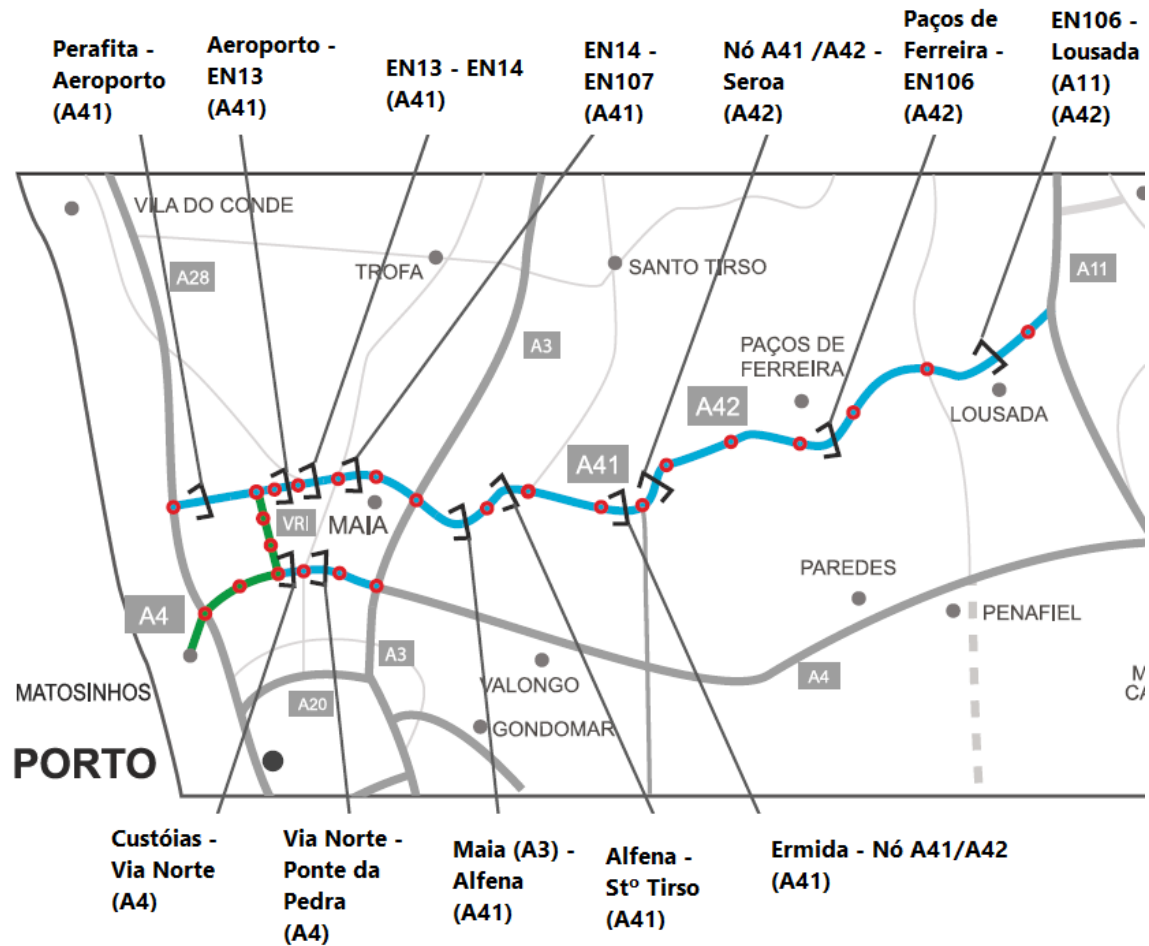
IV – Formas de pagamento

1. Quando despende por mês em portagens na(s) via(s) indicada(s)?
- | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 0-19€ | <input type="checkbox"/> 20-49€ | <input type="checkbox"/> 50-99€ | <input type="checkbox"/> 100-199€ | <input type="checkbox"/> 200-299€ |
| <input type="checkbox"/> 300€ ou mais | <input type="checkbox"/> não sei | | | |
2. Por favor indique o seu rendimento líquido mensal individual
- | | | | | |
|---------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> 0-557€ | <input type="checkbox"/> 558-1100€ | <input type="checkbox"/> 1101-2500€ | <input type="checkbox"/> 2501-5000€ | <input type="checkbox"/> mais de 5000€ |
|---------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|
3. Possui Via Verde no veículo que utiliza?
- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não |
|------------------------------|------------------------------|
4. Já recebeu alguma notificação das Finanças para o pagamento de portagens das ex-SCUTs? Indique o valor total habitual.
- | | | | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> nunca recebi | <input type="checkbox"/> 0-30€ | <input type="checkbox"/> 31-50€ | <input type="checkbox"/> 51-75€ | <input type="checkbox"/> 76-100€ |
| <input type="checkbox"/> 101-200€ | <input type="checkbox"/> mais de 200€ | | | |

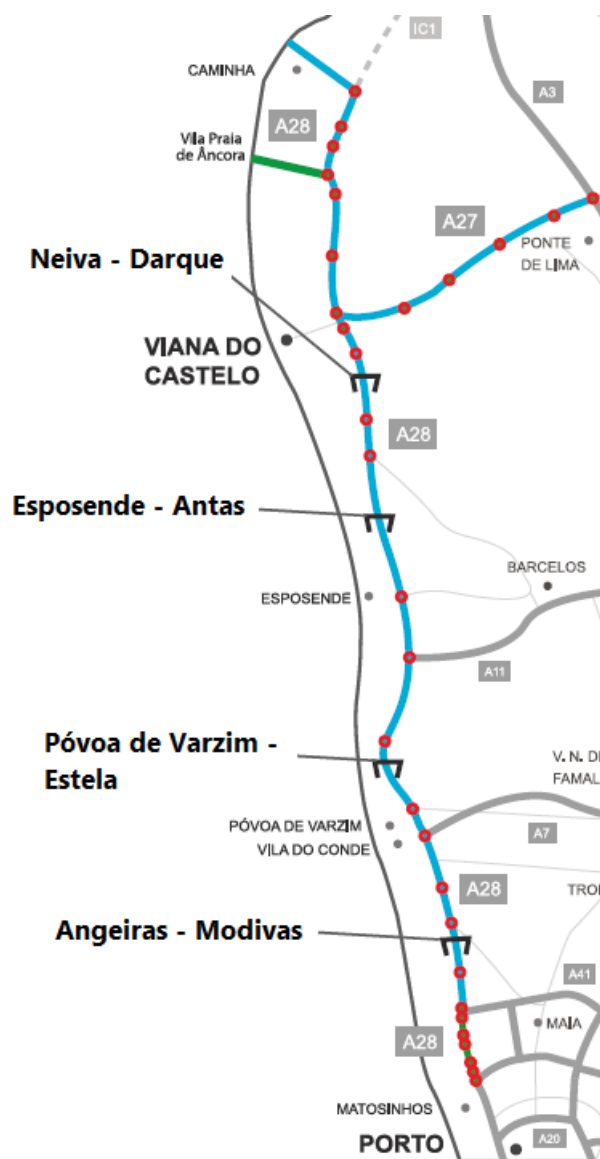
Obrigado pela sua participação!

Anexo 2 – Localização dos pórticos das ex-SCUTs do Norte

i. Concessão Grande Porto (A4, A41 e A42)



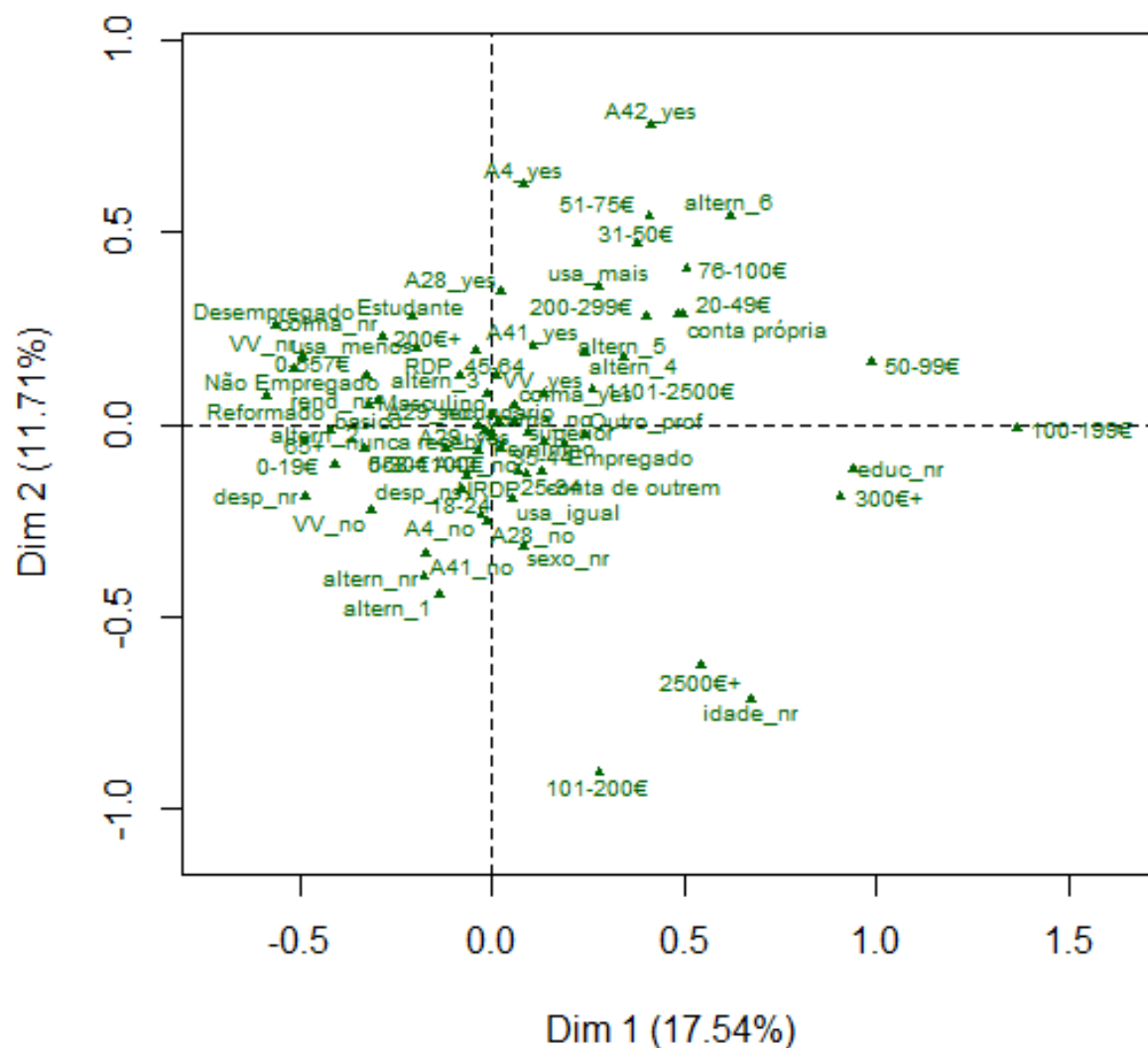
ii. Concessão Norte Litoral (A28)



iii. Concessão Costa de Prata (A29)



Anexo 3 – Gráfico das variáveis suplementares qualitativas completo



Anexo 4 – Output da análise a quatro clusters

i. Categorias associadas ao cluster 1

\$`1`	cla/Mod	Mod/cla	Global	p.value	v.test
trabalho=trabalho_no	81.052632	91.124260	54.597701	1.530488e-44	14.001298
lazer=lazer_yes	76.243094	81.656805	52.011494	2.354105e-28	11.043599
freq=freq_1	92.647059	37.278107	19.540230	1.227655e-17	8.550303
freq=freq_2	82.352941	49.704142	29.310345	1.055084e-16	8.298416
Despesa=0-19€	69.005848	69.822485	49.137931	3.971969e-14	7.561909
prof_bin=Não Empregado	68.817204	37.869822	26.724138	4.912766e-06	4.568479
prof=Reformado	70.588235	21.301775	14.655172	6.715524e-04	3.400937
prof=Desempregado	74.193548	13.609467	8.908046	2.870457e-03	2.981281
ViaVerde=vv_no	60.000000	33.727811	27.298851	9.283896e-03	2.601419
A41=A41_no	56.818182	44.378698	37.931034	1.656199e-02	2.396290
uso=usa_menos	57.272727	37.278107	31.609195	2.800466e-02	2.197221
Rendimento=0-557€	60.655738	21.893491	17.528736	3.902891e-02	2.063882
idade=65+	63.414634	15.384615	11.781609	4.505665e-02	2.004125
Rendimento=1101-2500€	37.974684	17.751479	22.701149	3.303717e-02	-2.131631
freq=freq_3	33.962264	10.650888	15.229885	2.144667e-02	-2.300027
prof=conta de outrem	43.396226	54.437870	60.919540	1.658982e-02	-2.395675
A41=A41_yes	43.518519	55.621302	62.068966	1.656199e-02	-2.396290
prof=conta própria	30.232558	7.692308	12.356322	1.036818e-02	-2.563302
uso=usa_mais	29.545455	7.692308	12.643678	6.979075e-03	-2.697841
ViaVerde=vv_yes	43.089431	62.721893	70.689655	1.580492e-03	-3.159483
Despesa=100-199€	0.000000	0.000000	3.448276	2.850360e-04	-3.628533
int_troços=10 a 20	10.000000	1.183432	5.747126	2.470057e-04	-3.665345
freq=freq_nr	0.000000	0.000000	4.022989	7.020049e-05	-3.975605
Despesa=50-99€	4.545455	0.591716	6.321839	5.823193e-06	-4.532709
prof_bin=Empregado	41.176471	62.130178	73.275862	4.912766e-06	-4.568479
Despesa=20-49€	21.518987	10.059172	22.701149	2.686779e-08	-5.560711
freq=freq_5	0.000000	0.000000	13.218391	2.063501e-15	-7.937468
freq=freq_4	6.153846	2.366864	18.678161	5.167439e-16	-8.107494
lazer=lazer_no	18.562874	18.343195	47.988506	2.354105e-28	-11.043599
trabalho=trabalho_yes	9.493671	8.875740	45.402299	1.530488e-44	-14.001298

ii. Categorias associadas ao cluster 2

\$`2`	cla/Mod	Mod/cla	Global	p.value	v.test
freq=freq_nr	100.000000	100.000000	4.022989	2.974145e-25	10.382646
altern=altern_nr	20.000000	42.85714	8.620690	4.980459e-04	3.481805
idade=65+	12.195122	35.71429	11.781609	1.869620e-02	2.351534
Rendimento=rend_nr	12.903226	28.57143	8.908046	3.203660e-02	2.143954
sexo=sexo_nr	22.222222	14.28571	2.586207	4.987902e-02	1.961000
freq=freq_1	0.000000	0.000000	19.540230	4.463708e-02	-2.008058
educ=superior	1.398601	14.28571	41.091954	3.647568e-02	-2.091585
Despesa=0-19€	1.169591	14.28571	49.137931	7.688322e-03	-2.665459
freq=freq_2	0.000000	0.000000	29.310345	6.956159e-03	-2.698936

iii. Categorias associadas ao *cluster* 3

\$`3`		Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p.value	v.test
freq=freq_5		89.130435	43.617021	13.218391	1.024399e-21	9.574411
trabalho=trabalho_yes		49.367089	82.978723	45.402299	2.795081e-18	8.719470
lazer=lazer_no		45.508982	80.851064	47.988506	3.054183e-14	7.596003
freq=freq_3		62.264151	35.106383	15.229885	4.377699e-09	5.869250
A28=A28_no		32.338308	69.148936	57.758621	8.721534e-03	2.622781
int_troços=1 a 2		32.105263	64.893617	54.597701	1.914627e-02	2.342671
prof=conta de outrem		31.132075	70.212766	60.919540	3.041550e-02	2.164637
Rendimento=2501-5000€		62.500000	5.319149	2.298851	4.185362e-02	2.034973
Despesa=0-19€		22.222222	40.425532	49.137931	4.916513e-02	-1.967157
prof=Reformado		13.725490	7.446809	14.655172	1.710427e-02	-2.384459
freq=freq_nr		0.000000	0.000000	4.022989	1.102047e-02	-2.542049
A28=A28_yes		19.727891	30.851064	42.241379	8.721534e-03	-2.622781
idade=65+		9.756098	4.255319	11.781609	5.213130e-03	-2.793560
Despesa=desp_nr		0.000000	0.000000	5.172414	2.917277e-03	-2.976323
int_troços=10 a 20		0.000000	0.000000	5.747126	1.490211e-03	-3.176583
freq=freq_2		14.705882	15.957447	29.310345	6.303284e-04	-3.418217
freq=freq_1		7.352941	5.319149	19.540230	1.115089e-05	-4.393561
freq=freq_4		0.000000	0.000000	18.678161	9.588084e-11	-6.473307
lazer=lazer_yes		9.944751	19.148936	52.011494	3.054183e-14	-7.596003
trabalho=trabalho_no		8.421053	17.021277	54.597701	2.795081e-18	-8.719470

iv. Categorias associadas ao *cluster* 4

\$`4`		Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p.value	v.test
freq=freq_4		93.846154	85.915493	18.678161	3.414157e-52	15.202301
trabalho=trabalho_yes		39.240506	87.323944	45.402299	3.283729e-16	8.162422
int_troços=10 a 20		90.000000	25.352113	5.747126	7.732835e-12	6.843413
lazer=lazer_no		31.137725	73.239437	47.988506	1.663088e-06	4.790569
Rendimento=1101-2500€		37.974684	42.253521	22.701149	3.170322e-05	4.160874
prof_bin=Empregado		25.098039	90.140845	73.275862	1.389962e-04	3.809948
Despesa=20-49€		35.443038	39.436620	22.701149	3.433603e-04	3.580178
prof=conta própria		41.860465	25.352113	12.356322	6.085716e-04	3.427765
Despesa=50-99€		50.000000	15.492958	6.321839	1.554150e-03	3.164378
A42=A42_yes		44.827586	18.309859	8.333333	2.032991e-03	3.085370
A4=A4_yes		31.578947	42.253521	27.298851	2.263877e-03	3.053236
A41=A41_yes		25.000000	76.056338	62.068966	5.857185e-03	2.755671
altern=altern_4		31.506849	32.394366	20.977011	1.126630e-02	2.534329
Coima=31-50€		55.555556	7.042254	2.586207	2.279601e-02	2.276836
Despesa=100-199€		50.000000	8.450704	3.448276	2.310508e-02	2.271693
ViaVerde=VV_yes		23.170732	80.281690	70.689655	4.425963e-02	2.011624
freq=freq_nr		0.000000	0.000000	4.022989	3.824901e-02	-2.072176
altern=altern_2		10.344828	8.450704	16.666667	3.171886e-02	-2.147936
uso=usa_menos		13.636364	21.126761	31.609195	3.133521e-02	-2.152790
Rendimento=0-557€		9.836066	8.450704	17.528736	1.933940e-02	-2.338923
prof=Reformado		7.843137	5.633803	14.655172	1.112099e-02	-2.538874
prof=Desempregado		3.225806	1.408451	8.908046	6.403785e-03	-2.726356
A41=A41_no		12.878788	23.943662	37.931034	5.857185e-03	-2.755671
A4=A4_no		16.205534	57.746479	72.701149	2.263877e-03	-3.053236
A42=A42_no		18.181818	81.690141	91.666667	2.032991e-03	-3.085370
int_troços=1 a 2		14.210526	38.028169	54.597701	1.837077e-03	-3.115381
freq=freq_3		3.773585	2.816901	15.229885	3.021830e-04	-3.613421
prof_bin=Não Empregado		7.526882	9.859155	26.724138	1.389962e-04	-3.809948
lazer=lazer_yes		10.497238	26.760563	52.011494	1.663088e-06	-4.790569
freq=freq_1		0.000000	0.000000	19.540230	2.540581e-08	-5.570467
freq=freq_2		2.941176	4.225352	29.310345	7.105720e-09	-5.788407
Despesa=0-19€		7.602339	18.309859	49.137931	2.585970e-09	-5.955930
trabalho=trabalho_no		4.736842	12.676056	54.597701	3.283729e-16	-8.162422